

RAPPORT



Août 2023

038N0087C008+0340_M

Mur de front C3 OA N000340D

Secteur Chambéry-Grenoble

**Inspection Détaillée Périodique
année 2023**



Note IQOA : 2E

Direction Interdépartementale des Routes Centre Est
Service Patrimoine et Entretien / Cellule Ouvrages d'Art
228, rue Garibaldi – 69446 LYON Cedex 03
Tél. 04 69 16 62 60
Mél : Coa.Spe.Dirce@developpement-durable.gouv.fr
www.dir-centre-est.fr



DIRECTION
INTERDÉPARTEMENTALE
DES ROUTES
CENTRE-EST

DIR CENTRE EST

Mur de front C3 OA N000430D
038N0087C008+0340_M
IDP + diagnostic

Rédigé par A. CASAS
Contrôlé par A. BACHELIER
Sous la direction de A. BACHELIER

Désignation du document			
Référence	Nature	Nb pages	Nb annexes
A23 08116	IDP + diagnostic	24	2
Suivi des indices			
Indice	Date	Modification	Destinataire
A	19/09/2023	1 ^{ère} édition	Loïc Gresseteau

SIXENSE ENGINEERING – Agence Rhône Alpes
9 boulevard des droits de l'homme
69120 Vaulx En Velin
Tél : 04 72 69 01 22
www.sixense-group.com

Sommaire

I - Contexte	5
I.1 - Objet.....	5
I.2 - Contenu du rapport.....	5
I.3 - Photo générale de l'ouvrage.....	5
II - Présentation de l'ouvrage.....	6
II.1 - Situation géographique.....	6
II.2 - Identification de l'ouvrage.....	7
II.3 - Caractéristiques géométriques du mur.....	7
II.4 - Conception, exécution du mur.....	7
II.5 - Vie de l'ouvrage.....	7
II.6 - Analyse du dossier d'ouvrage.....	8
II.6.1 - Liste des archives.....	8
II.6.2 - Principe de construction du mur.....	8
II.6.3 - Caractéristiques des éléments constitutifs.....	8
III - Inspection visuelle et relevé de désordres	11
III.1 - Conditions d'intervention.....	11
III.2 - Légende des désordres.....	11
III.3 - Tableau de relevé des dégradations.....	12
III.3.1 - Zone d'influence de l'ouvrage.....	12
III.3.2 - Équipements.....	12
III.3.3 - Drainage et assainissement.....	12
III.3.4 - Structure.....	12
III.3.5 - Réseaux empruntant l'ouvrage.....	12
IV - Note de synthèse de l'inspection	13
IV.1 - Conclusion de l'inspection.....	13
IV.1.1 - Avis sur l'état de l'ouvrage.....	13
IV.1.2 - Proposition de mesures immédiates ou de sauvegarde.....	13
IV.2 - Préconisations de travaux.....	13
IV.2.1 - Entretien courant.....	13
IV.2.2 - Entretien spécialisé.....	13
IV.2.3 - Réparations.....	13
IV.3 - Suggestions autres.....	13
IV.3.1 - Propositions d'investigations complémentaires.....	13
IV.3.2 - Propositions de modifications du régime de surveillance.....	13
V - Diagnostic sur site.....	14
V.1 - Méthodologie.....	14
V.2 - Investigations sur les matériaux de remblais.....	15
V.2.1 - Prélèvements.....	15
V.2.2 - Liste des essais.....	15
V.2.3 - Evaluation de l'agressivité des matériaux de remblai vis-à-vis de l'acier.....	16
V.2.4 - Teneur en eau et détection des sulfures.....	17
V.2.5 - Synthèse.....	17
V.3 - Investigations sur les armatures métalliques.....	18
V.3.1 - Choix des armatures investiguées.....	18
V.3.2 - Méthodologie de repérage des armatures.....	18
V.3.3 - Mesures d'épaisseurs d'acier.....	18
V.3.4 - Mesures d'épaisseurs résiduelles de galvanisation.....	18
V.3.5 - Résultats des mesures.....	18
VI - Classement IQA.....	20
VI.1 - Note IQA.....	20
VII - Synthèse, analyse et interprétation des résultats.....	21

VII.1 - Sur l'état des panneaux de parement	21
VII.2 - Sur la durabilité des armatures	21
VII.2.1 - Agressivité des sols.....	21
VII.2.2 - Caractéristiques des armatures.....	21
VII.2.3 - Evaluation de la consommation moyenne de la galvanisation	22
VII.2.4 - Conclusion	22
VIII - BILAN DES ACTIONS A ENGAGER	23
VIII.1 - Entretien courant.....	23
VIII.2 - Entretien spécialisé.....	23
VIII.3 - Travaux de maintenance.....	23
VIII.4 - Surveillance et investigations	23

Liste des annexes

Annexe 1 – Planches techniques – Relevé de désordres	24
Annexe 2 – Reportage photographique	25

I - Contexte

I.1 - Objet

À la demande de la DIR CENTRE EST et dans le cadre du marché subséquent n°13, le bureau d'étude Sixense Engineering a réalisé l'inspection détaillée du mur de front C3 OA N000430D en remblai renforcé de type Terre Armée® portant le numéro d'ouvrage 038N0087C008+0340_M.

L'inspection porte sur l'intégralité du mur et sa zone d'influence.

I.2 - Contenu du rapport

Ce rapport présente successivement :

- L'analyse du dossier d'ouvrage,
- L'inspection visuelle de l'ouvrage,
- Les résultats des investigations sur site,
- Une synthèse de l'inspection et les recommandations associées.

Les différentes zones d'investigations du diagnostic ainsi que le relevé de désordres sont implantées sur les planches techniques en annexe 1.

L'annexe 2 regroupe les clichés photographiques pris lors de l'intervention sur site.

I.3 - Photo générale de l'ouvrage



Photo n° 1 : Photo générale de l'ouvrage

II - Présentation de l'ouvrage

II.1 - Situation géographique

L'ouvrage est situé sur la commune de Gières (38).



figure 1 : Repérage et situation de l'ouvrage



figure 2 : Repérage et situation de l'ouvrage

II.2 - Identification de l'ouvrage

Maître d'ouvrage	DIR CENTRE EST
Service	Ouvrages d'art
Type d'ouvrage	Mur de soutènement en remblai renforcé de type Terre Armée®
Nom de l'ouvrage	Mur front C3 OA N000430D
Identifiant	038N0087C008+0340_M
Partie ou zone soutenue par le mur	RN87 (PI)
Partie ou zone protégée en contrebas	Voie cyclable + voie du tramway

Tableau 1 : Identification des ouvrage

II.3 - Caractéristiques géométriques du mur

Type de structure	Remblai renforcé par des éléments métalliques (procédé Terre Armée® avec écailles préfabriquées en béton)
Particularités	Présence d'armature témoin
Longueur du mur	45,00 m
Hauteur max (m) / sol	3,55 m
Drainage et assainissement	Cunette en béton en pied de mur
Dispositif de retenue en tête de mur	Aucun
Réseaux	Eclairage + chemin de câble au droit du chevet

Tableau 2 : Caractéristiques géométriques

II.4 - Conception, exécution du mur

Entreprise constructrice	Aucune information
Date de construction	Aucune information
Date de mise en service	Aucune information

Tableau 3 : Conception et exécution

II.5 - Vie de l'ouvrage

Aucune information ne nous a été communiquée concernant la vie de l'ouvrage.

II.6 - Analyse du dossier d'ouvrage

II.6.1 - Liste des archives

Un compte rendu de visite IQOA réalisé par la DIR Centre Est nous a été communiqué.

Le présent rapport fait parfois référence à des documents généraux concernant les ouvrages en Terre armée®, comme les plans individuels des panneaux, ou encore les caractéristiques des armatures. Ces documents sont issus de la littérature (guides SETRA et IFSTTAR notamment) ou de la bibliothèque interne de Sixense Engineering.

II.6.2 - Principe de construction du mur

II.6.2.1 - Principe de construction

À partir de la semelle de réglage constituant l'appui de la première rangée de parement (panneaux), les murs en Terre armée® se composent de couches successives de remblai compacté, renforcé d'armatures fixées à un montage vertical d'éléments de parements.

II.6.3 - Caractéristiques des éléments constitutifs

II.6.3.1 - Remblais

Aucune information n'est disponible concernant les caractéristiques des remblais mis en œuvre.

II.6.3.2 - Panneaux de parement

Le parement est constitué d'éléments préfabriqués en béton en forme d'écailles de dimensions L x H: 162 x 148 cm

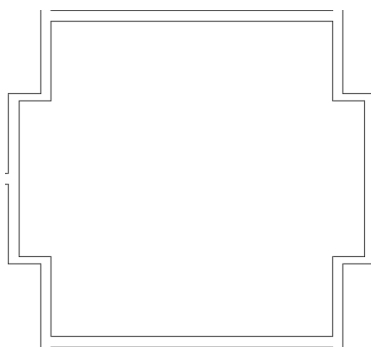


Figure 3 : Type d'écaille

II.6.3.3 - Armatures

Le dossier d'ouvrage ne fournit aucune information sur les caractéristiques des armatures.

Les mesures réalisées sur les armatures nous permettent cependant de faire le rapprochement avec des armatures HAR 45x5 mm de Terre Armée®.

Le tableau ci-après récapitule l'historique des principaux types d'armatures métalliques utilisés dans le cadre du procédé Terre Armée® :

Type d'armatures	Matériaux	Épaisseur de métal en mm	Protection	Périodes d'utilisation*
Armature lisse en acier	Acier E24.1 galvanisé, procédé Sendzimir	3	Galvanisation procédé Sendzimir, couche de 25 à 40 µm de zinc	1967 à 1976
Armature lisse en alliage d'aluminium	Alliage d'aluminium AG4MC	2	/	1972 à 1975
Armature lisse en acier inoxydable	Acier inoxydable Z8C17	1,5	/	1972 à 1975
Armature à haute adhérence en acier	Acier E24.1 puis E36.3 (début d'utilisation 1982 - aujourd'hui S355J0) galvanisé au trempé	5	Galvanisation au trempé, couche de 60 µm de zinc + épaisseur sacrifiée à la corrosion fonction du site	À partir de 1976
* Les dates sont données à titre indicatif				

Figure 4 : Tableau extrait du guide IFSTTAR 2012

La fiche technique ci-dessous donne des informations sur les dimensions des armatures utilisées dans le procédé Terre Armée®. Cette fiche technique ne fait pas partie du dossier d'ouvrage.

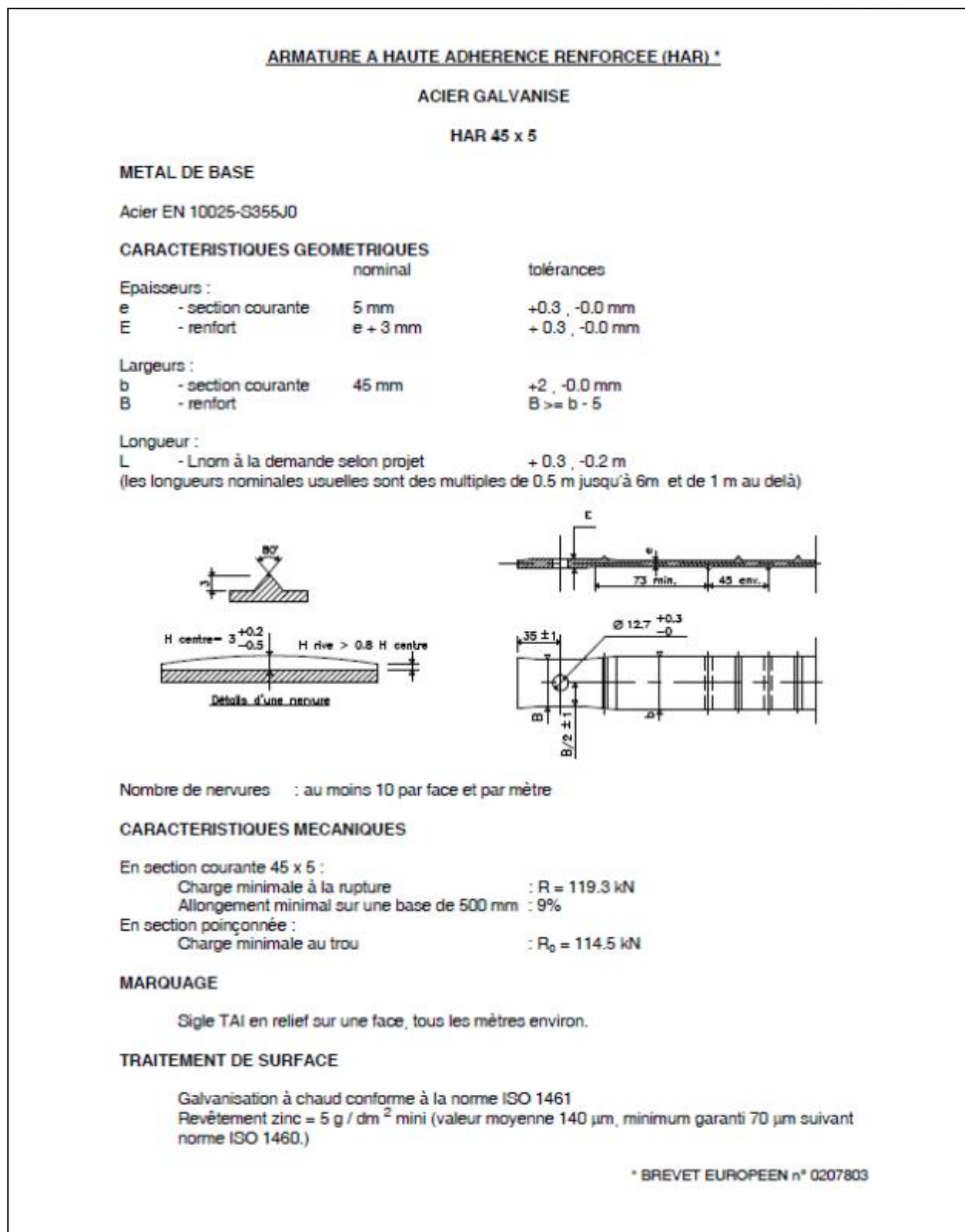


Figure 5 : Reproduction de la fiche d'informations complémentaires issues de la fiche technique Terre Armée® HAR 45x5 - 2010

III - Inspection visuelle et relevé de désordres

III.1 - Conditions d'intervention

La visite d'inspection a été réalisée à pied. L'ouvrage et ses abords ont été inspectés.

L'équipe de visite était composée de MM. TRAVARD Benjamin et ZARRIN Alexis, techniciens supérieurs - agents d'inspection.

Date de la visite : nuit du 18/09/2023

Temps : pluvieux

Moyens d'accès utilisé : échafaudage

Accès à l'ouvrage : balisage de la voie cyclable par SIXENSE Engineering.

L'ouvrage n'a pas été débroussaillé avant notre intervention.

De nombreux tags sont présents sur l'ouvrage.

III.2 - Légende des désordres

Les désordres observés sont reportés suivant la légende présentée ci-dessous sur les plans situés en Annexe 1 du présent rapport.

LEGENDE DES DESORDRES			LEGENDE DES DESORDRES		
DESORDRES SUR ELEMENTS EN BETON :		DESORDRES SUR ELEMENTS METALLIQUES :	DESORDRES SUR RAGREAGE :	DESORDRES SUR MAÇONNERIE :	DESORDRES SUR ELEMENTS BOIS :
Ep : Epaissure d'angle (choc) F-Ec : Eclat en cours de Formation Ec : Eclat de béton AAO (X) : Acier apparent oxydé de Xcm de long. (sans perte de section) AAC (X) : Acier apparent corrodé de Xcm de long. EC-AA (X) : Désordres EC et AA (X) F : Fissure (ouverture indiquée en mm) F : Continuité de la fissure sur le parement FI / Fcolm : Fissure injectée / colmatée Fc : Fissure calottée Fo+Hum : Fissure calottée humide Ség (Nd) : Ségrégation du béton (Nd de cailloux) Eff/Ca : Efflorescence / Calcite Hum / Ve : Humidité de parement / Venues d'eau Cs : Traces de ruissellement / coulures sèches C.Ox : Coulure d'oxyde, rouille Creux : Parement "sonnant creux" Lixiv : Lixiviation / Lessivage du béton	Rejet x mm : Rejet d'une fissure Cis : Cisaillement d'une fissure Lacunes : Lacunes Fai : Faïençage Colmatage ponctuellement décollé Colmatage décollé Stalactite Venues d'eau Fr : Fracture Gonf. : Gonflement du parement BC : Béton Carbonaté Rb : Reprise de bétonnage DESORDRES SUR ELEMENTS BETON PRECONTRAIN : µf : Fissures filiformes Gaine son creux Toron corrodé Défaut de cachetage	Ecp : Ecaillage de la peinture Piq : Piqûres de rouille - oxydation Enr : Enroulement superficiel (sans perte de section) Cor : Corrosion généralisée (avec perte de section) Foi : Corrosion foisonnante Cor = f : Corrosion feuilletante Cor = P : Corrosion perforante Cass : Cassure Perforation ponctuelle (Ø ou lg en cm) Poinçonnement structure (Ø ou lg en cm) Déformation Striction DESORDRES SUR ELEMENTS DE FIXATION : BD : Boulon desserré BCI : Boulon cisailé BM : Boulon manquant BOx : Boulon oxydé BCO : Boulon corrodé ED : Ecrou desserré EM : Ecrou manquant EOx : Ecrou oxydé ECO : Ecrou corrodé	R : Ragréage sain R+f : Ragréage fissuré sans décollement R+Ox : Ragréage avec traces d'oxydation R+Dec : Ragréage décollé "sonnant creux" DESORDRES SUR ABORDS & ACCES : Alt C : Altération bitume Chaussée Rav : Ravinement Flch : Flèche Chaussée Veg : Végétation Aff C : Affaissement chaussée, mçonneries, talus Dépôt : Dépôt / Atterrissement Affoulement Arbuste	Alu : Alvéolisation Exf : Exfoliation Ecl : Ecaillage Ep : Epaissure Disj. : Disjointoiement Dés. : Désorganisation du parement Desq : Desquamation Fr : Pierre fracturée Eff/Ca : Efflorescence / Calcite Hum / Ve : Humidité de parement / Venues d'eau C.s : Traces de ruissellement / coulures sèches Creux : Parement "sonnant creux" Salpêtre	Gr : Grisaillement Decol : Décoloration, moudes vertes Pou : Pourrissement Def : Déformation : tillage, gauchissement, fentes Cass : Cassure des fibres Déc : Décollage, décolllement Def : Défaut d'assemblage Rupt : Rupture d'assemblage (métal) Décal : Décalage de fixations d'assemblage DESORDRES SUR EQUIPEMENTS : Dist x mm : Distorsion des appareils d'appuis Caoutchouc fissuré Barbacane obstruée REPERAGES : Photographie N° 0

Figure 6 : Légende des désordres

III.3 - Tableau de relevé des dégradations

III.3.1 - Zone d'influence de l'ouvrage

Localisation	Dégradations	N° photographie
Partie supérieure du mur	Végétation	6, 7
Partie inférieure du mur	Pas de remarque	/

III.3.2 - Équipements

Localisation	Dégradations	N° Photographie
Au-dessus du mur	Eclairage - Pas de remarque	8
En contrebas du mur	Pas de remarque	/
Sur le parement du mur	Pas de remarque	/

III.3.3 - Drainage et assainissement

Localisation	Dégradations	N° Photographie
Interne	Pas de remarque	/
En partie supérieure	Pas de remarque	/
En contrebas	Pas de remarque	/

III.3.4 - Structure

Localisation	Dégradations	N° Photographie
Panneaux de parement	Traces d'humidité et de venue d'eau en partie supérieure	3, 6
	2 éclats d'angle de béton ponctuels 2x2 cm à 5x20 cm	1, 4
	Végétation entre joints	6, 7

III.3.5 - Réseaux empruntant l'ouvrage

Chemin de câbles en partie supérieure de l'ouvrage.

IV - Note de synthèse de l'inspection

IV.1 - Conclusion de l'inspection

IV.1.1 - Avis sur l'état de l'ouvrage

L'ouvrage est dans un bon état apparent mais présente néanmoins quelques désordres mineurs et ponctuels. (cf. tableaux ci-avant).

IV.1.2 - Proposition de mesures immédiates ou de sauvegarde

Sans objet.

IV.2 - Préconisations de travaux

IV.2.1 - Entretien courant

Éliminer régulièrement la végétation sur l'ouvrage et ses abords.

IV.2.2 - Entretien spécialisé

Purger et ragréer les éclats et amorces de béton.

Traiter (étanchéifier) les zones présentant des venues d'eau en partie supérieure de l'ouvrage afin de limiter les écoulements d'eau sur le parement.

IV.2.3 - Réparations

Sans objet.

IV.3 - Suggestions autres

IV.3.1 - Propositions d'investigations complémentaires

Sans objet.

IV.3.2 - Propositions de modifications du régime de surveillance

Sans objet. L'ouvrage peut faire l'objet d'une surveillance normale.

Nota : Le tableau de classement IQOA est présenté ci-après dans le document suite aux résultats du diagnostic des armatures sur site.

V - Diagnostic sur site

V.1 - Méthodologie

Le diagnostic a été réalisé sur 2 zones, une en partie haute et une en partie basse de l'ouvrage. La localisation des zones est donnée sur les planches techniques en annexe.

Sur site, le diagnostic comprend par zone :

- Détection de l'armature à l'aide d'un radar de structure puis implantation du carottage à proximité de cette dernière,
- Un carottage diamètre 225 mm à proximité d'une armature de terre Armée® pour la réalisation de :
 - > Examen de prises de clichés photographiques,
 - > Mesures d'épaisseur d'acier,
 - > Mesures d'épaisseur résiduelle de galvanisation sur chacune des faces
- Un prélèvement de remblais pour analyses en laboratoire.

Gières

Grenoble

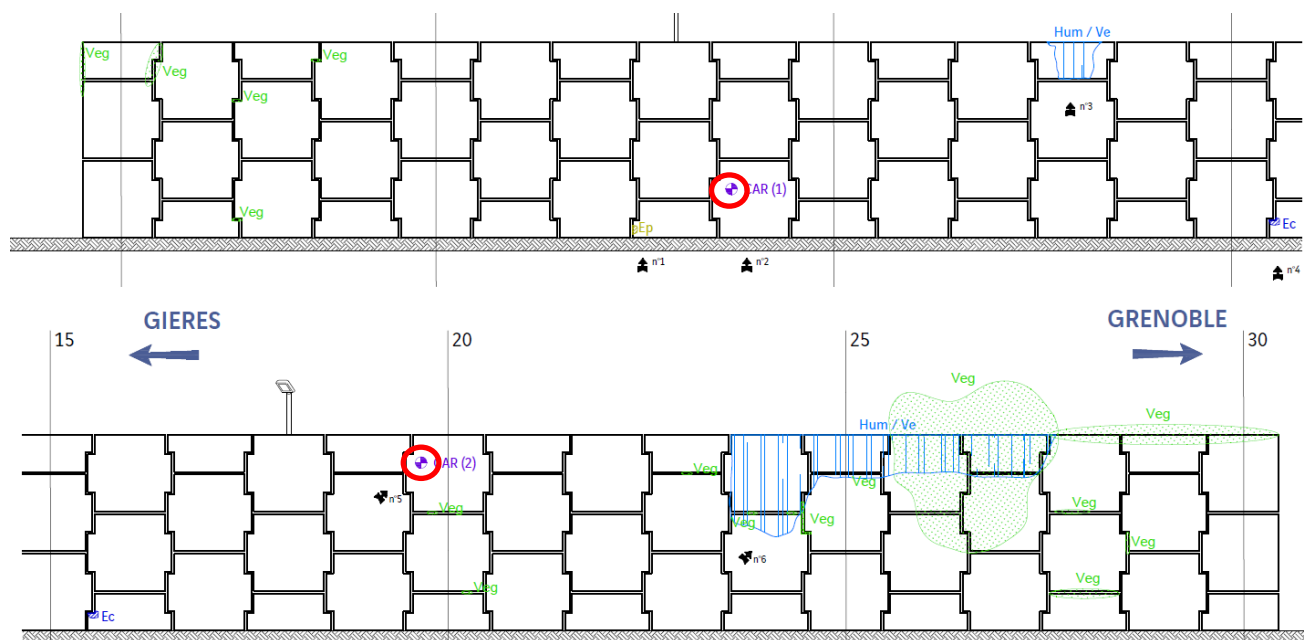


Photo 2 : Position des zones de diagnostic

V.2 - Investigations sur les matériaux de remblais

V.2.1 - Prélèvements

Deux prélèvements de remblai ont été réalisés. Les prélèvements ont été effectués à proximité des armatures de Terre Armée® investiguées via l'intérieur du carottage :

- Echantillon n°2 en partie supérieure.
- Echantillon n°1 en partie inférieure.

V.2.2 - Liste des essais

Il a été réalisé les essais suivants sur les échantillons de sol prélevés :

- > Dosage des ions chlorure et sulfates,
- > Mesure du pH,
- > Détermination de la résistivité,
- > Détection de sulfure,
- > Teneur en eau.

V.2.3 - Evaluation de l'agressivité des matériaux de remblai vis-à-vis de l'acier

Le pH et les teneurs en chlorures et en sulfates sont mesurés dans les échantillons de remblai prélevés sur les ouvrages. Les résultats sont comparés aux critères de la norme **NF A 05.252**. Ces critères sont les suivants :

- $[Cl^-] \leq 200 \text{ mg/kg}$ et $[SO_4^{2-}] \leq 1000 \text{ mg/kg}$ pour les ouvrages hors d'eau,
- $[Cl^-] \leq 100 \text{ mg/kg}$ et $[SO_4^{2-}] \leq 500 \text{ mg/kg}$ pour les ouvrages en eau douce,
- pH compris entre 5 et 10.

D'après la norme NF P94-270 (Ouvrages de soutènement - Remblais renforcés et massifs en sol cloué), il convient de distinguer le cas des renforcements placés dans des environnements qui peuvent être considérés comme modérément agressifs, avec ce critère :

- $5x[Cl^-] + [SO_4^{2-}] \leq 1000 \text{ mg/kg}$ pour les ouvrages hors d'eau,
- $5x[Cl^-] + [SO_4^{2-}] \leq 500 \text{ mg/kg}$ pour les ouvrages en eau douce.

Un matériau de remblai est acceptable selon le critère de résistivité si celle-ci est supérieure à :

- 1000 $\Omega \cdot \text{cm}$ pour les ouvrages hors d'eau,
- 3000 $\Omega \cdot \text{cm}$ pour les ouvrages immergés.

Tableau F.2.1 - Définition des milieux modérément agressifs

Environnement	Classe de remblai	Caractéristiques électrochimiques		
		pH	Résistivité $\Omega \cdot \text{cm}$	Teneur maximale en sels Cl et SO_4 ppm
Hors d'eau	1 ou 2	5 à 10	> 1000	$5Cl + SO_4 \leq 1000$
En eau douce	1	5 à 10	> 3000	$5Cl + SO_4 \leq 500$

Tableau 4 : Définition des milieux modérément agressifs pour des renforcements de remblais -
Extrait de la norme NF P94-270

Les résultats des analyses sur remblai sont présentés dans le tableau ci-après :

Les critères de la norme NF A 05.252 **sont respectés** pour les échantillon C1 et C2.

Ech.	Chlorures (Cl^- en mg/kg)	Sulfates (SO_4^{2-} en mg/kg)	pH	Résistivité ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Teneur maximale en sels et SO_4^{2-} (en mg/kg)
Carottage C2 - haut	37,4	84,0	9,4	4 513	271,1
Carottage C1 - bas	9,4	21,9	8,7	>7100	68,8

Tableau 5 : Résultats des dosages en chlorures, sulfates, pH, résistivité et teneurs en sels

Les remblais au droit des carottages C1 et C2 ne présentent pas de caractère d'agressivité vis-à-vis des éléments métalliques.

V.2.4 - Teneur en eau et détection des sulfures

La détection des sulfures dans les sols est réalisée selon la norme NF A 05.252. Cette analyse identifie la présence ou absence de sulfures. Cette analyse consiste à introduire le sol dans un mélange eau + acide chlorhydrique puis à placer du papier imbibé d'acétate de plomb au-dessus de la solution, et la chauffer. Si le papier se colore en gris brun, l'échantillon contient des sulfures.

La photographie des bandelettes après l'essai de détection des sulfures dans les remblais est présentée ci-après. Aucun changement de teinte n'a été détecté, montrant ainsi l'absence de sulfures.

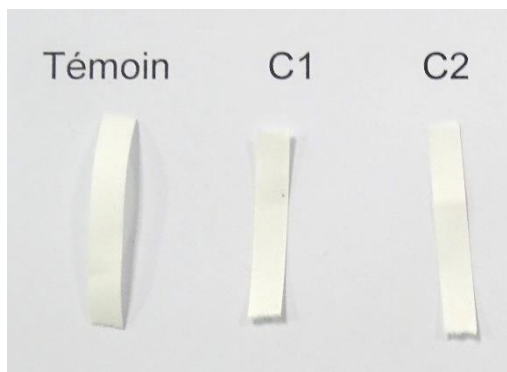


Figure 7 : Bandelette témoin et bandelettes après essai de détection des sulfures

Les teneurs en eau mesurées sur les prélèvements de sol sont :

- 3,3 % au droit du carottage C1,
- 4,9 % au droit du carottage C2.

V.2.5 - Synthèse

Au droit des prélèvements C1 et C2, les prélèvements de remblais ne présentent pas de caractère agressif vis-à-vis du métal, avec :

- Une teneur en sels (271 mg/kg), inférieures au seuil fixé par la norme (1000 mg/kg),
- Des résistivités mesurées minimales de 4 513 Ω .cm, supérieure au seuil minimal fixé par la norme (1000 Ω .cm)
- Des pH proches de 9,0.

V.3 - Investigations sur les armatures métalliques

V.3.1 - Choix des armatures investiguées

Deux armatures ont fait l'objet d'investigations : une en partie supérieure et une en partie inférieure de l'ouvrage. La position des armatures investiguées est indiquée sur les plans en annexe 1.

V.3.2 - Méthodologie de repérage des armatures

La position des différentes armatures est repérée à l'aide des plans du dossier d'ouvrage et par détection au radar de structure depuis la surface de l'écaille en béton.

Afin de d'accéder aux armatures, un carottage du parement de diamètre 225 mm à proximité d'une armature est réalisé.

V.3.3 - Mesures d'épaisseurs d'acier

Protocole

Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un palmer®.

Les mesures sont effectuées après nettoyage de l'armature à l'aide d'une brosse métallique.

Le nombre de mesures est adapté en fonction de la surface d'armature que nous avons réussi à rendre accessible.

Les mesures sont données en millimètre (mm)

V.3.4 - Mesures d'épaisseurs résiduelles de galvanisation

Protocole

Les mesures d'épaisseur du revêtement de zinc (galvanisation) sur les armatures ont été réalisées à l'Elcometer®. Cet appareil est basé sur le principe de l'induction électromagnétique et permet d'effectuer des mesures ponctuelles d'un revêtement non magnétique (couche de zinc) sur un support ferromagnétique (acier de l'armature).

Le nombre de mesures est adapté en fonction de la surface d'armature que nous avons réussi à rendre accessible.

Les mesures sont données en micromètre (µm).

Épaisseur théorique de galvanisation

L'épaisseur moyenne théorique de galvanisation appliquée à la construction sur les armatures HAR est de 140 µm, avec un minimum garanti de 70 µm.

V.3.5 - Résultats des mesures

Pour les épaisseurs d'acier et les épaisseurs résiduelles de galvanisation, l'ensemble des valeurs mesurées est renseigné dans le tableau ci-après.

Zone	Photographies	Observations	Ep. d'acier (mm)	Ep. de galvanisation (µm)	
2 Partie haute		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. Présence de traces de corrosion : - Ponctuelles (piqûres) sur la face supérieure, - Etendues sur la face inférieure de l'armature, y compris sur l'amorce.	5,4 mm	125	92
				192	120
				129	105
1 Partie basse		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. La présence de granulats agglomérés empêche la prise de mesures sur la face supérieure de l'armature. Corrosion avancée et généralisée sur la longueur courante sur la face inférieure de l'armature.	5,3 mm	172	115
				163	132
				166	131
2 Partie haute		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. Présence de traces de corrosion : - Ponctuelles (piqûres) sur la face supérieure, - Etendues sur la face inférieure de l'armature, y compris sur l'amorce.	5,4 mm	97	78
				93	85
				Moyenne 125 µm	
1 Partie basse		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. La présence de granulats agglomérés empêche la prise de mesures sur la face supérieure de l'armature. Corrosion avancée et généralisée sur la longueur courante sur la face inférieure de l'armature.	5,3 mm	158	127
				143	149
				192	171
1 Partie basse		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. La présence de granulats agglomérés empêche la prise de mesures sur la face supérieure de l'armature. Corrosion avancée et généralisée sur la longueur courante sur la face inférieure de l'armature.	5,3 mm	136	120
				154	156
				156	168
1 Partie basse		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. La présence de granulats agglomérés empêche la prise de mesures sur la face supérieure de l'armature. Corrosion avancée et généralisée sur la longueur courante sur la face inférieure de l'armature.	5,3 mm	151	148
				158	160
				Moyenne 153 µm	
1 Partie basse		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. La présence de granulats agglomérés empêche la prise de mesures sur la face supérieure de l'armature. Corrosion avancée et généralisée sur la longueur courante sur la face inférieure de l'armature.	5,3 mm	Mesures non réalisables	
				156 ¹	
				124	
1 Partie basse		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. La présence de granulats agglomérés empêche la prise de mesures sur la face supérieure de l'armature. Corrosion avancée et généralisée sur la longueur courante sur la face inférieure de l'armature.	5,3 mm	135	
				101	
				111	
1 Partie basse		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. La présence de granulats agglomérés empêche la prise de mesures sur la face supérieure de l'armature. Corrosion avancée et généralisée sur la longueur courante sur la face inférieure de l'armature.	5,3 mm	95	
				127	
				100	
1 Partie basse		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. La présence de granulats agglomérés empêche la prise de mesures sur la face supérieure de l'armature. Corrosion avancée et généralisée sur la longueur courante sur la face inférieure de l'armature.	5,3 mm	95	
				95	
				128	
1 Partie basse		Présence d'un revêtement galvanique sur la face supérieure de l'armatures ainsi que sur le boulon d'accroche. La présence de granulats agglomérés empêche la prise de mesures sur la face supérieure de l'armature. Corrosion avancée et généralisée sur la longueur courante sur la face inférieure de l'armature.	5,3 mm	132	
				Moyenne 116 µm	

¹ Mesures réalisées sur la zone non corrodée. La zone corrodée ne permet pas la prise de mesures.

VI - Classement IQOA

VI.1 - Note IQOA

Le classement IQOA est effectué en suivant les indications du guide méthodologique du SETRA de mars 2000 « IQOA Murs de soutènement ».

	Classe	S
Zone d'influence	1	
En partie supérieure	1	
En contrebas	1	
Équipements	1	
Au-dessus		
- chaussée	SO	
- trottoirs, bordures et accotements	SO	
- dispositifs de retenue	SO	
- autres équipements (panneaux, etc...)	1	
En contrebas		
- Chaussée	SO	
- trottoirs, bordures et accotements	SO	
- dispositifs de retenue	SO	
- autres équipements	SO	
Drainage et assainissement	2	
Interne	NE	
En partie supérieure	2	
En contrebas	1	
Structure	2	
Parement du mur	2	
Armatures	2E	
Synthèse pour l'ouvrage		
Zone d'influence	1	-
Équipements	1	-
Drainage et assainissement	2	-
Structure	2E	-
Classe de l'ouvrage	2E	-

Tableau 6 : Notation IQOA

V.2 - Justification de la cotation IQOA

- Drainage et assainissement – en partie supérieure – Ecoulement d'eau provenant du PI de la RN87.
- Structure- Parement du mur – Eclats.
- Structure – armatures – armatures corrodées. Corrosion avancée sur armature au droit du carottage C1.

VII - Synthèse, analyse et interprétation des résultats

VII.1 - Sur l'état des panneaux de parement

L'ouvrage est dans un bon état apparent hormis quelques désordres mineurs (cf. tableaux ci-avant).

VII.2 - Sur la durabilité des armatures

VII.2.1 - Agressivité des sols

Les analyses en laboratoire réalisées sur les échantillons de sol indiquent que les matériaux de remblai ne présentent pas de caractère d'agressivité particulier vis-à-vis des armatures au droit des carottages C1 et C2.

VII.2.2 - Caractéristiques des armatures

On retiendra de la campagne de mesures sur site que l'état de conservation des deux armatures investiguées n'est pas identique :

- Au droit du carottage C2, l'épaisseur de la couche de galvanisation résiduelle reste acceptable, de l'ordre de 139 μm en moyenne sur les deux armatures, et supérieure à la valeur minimale garantie de 70 μm (minimum mesuré de 94 μm). Les mesures ont été réalisées sur des zones non corrodées.
- Au droit du carottage C1, l'armature présente une corrosion avancée et généralisée sur la longueur courante sur la face inférieure. Les photographies montrent une perforation de la corrosion. Une perte de section de l'armature est probable.



Armature au droit du carottage C1

VII.2.3 - Evaluation de la consommation moyenne de la galvanisation

Le tableau ci-dessous résume les valeurs de référence qui peuvent être prises pour évaluer la vitesse de consommation de la galvanisation :

Ep. Moyenne initiale théorique (µm)	Moyenne des ép. mesurées (µm)	
140	Carottage C2	Carottage C1
	139	Non représentatif. Cf. commentaires ci-dessus.
	Consommation de galvanisation < 1%	

Tableau n° 1 : Evaluation de la consommation de la galvanisation

A noter que l'épaisseur moyenne mesurée ponctuellement est parfois supérieure à la valeur initiale théorique de 140 µm. L'explication vient en partie du fait que l'épaisseur moyenne initiale de galvanisation est issue des fiches techniques Terre Armée®. Cette dernière ne peut pas être maîtrisée de manière précise. En effet la méthode de galvanisation par procédé industriel consiste à insérer des armatures brutes dans un bain de zinc en fusion après nettoyage et divers traitements de la surface d'acier concernée. L'obtention d'une épaisseur de galvanisation homogène est quasiment impossible.

VII.2.4 - Conclusion

La corrélation des résultats entre les essais sur armatures et les analyses sur remblais met pas en évidence de problématique de durabilité à court terme sur cet ouvrage.

VIII - BILAN DES ACTIONS A ENGAGER

Les actions listées dans ce chapitre constituent la synthèse des actions issues des recommandations des chapitres précédents.

VIII.1 - Entretien courant

Eliminer régulièrement la végétation sur l'ouvrage et ses abords.

VIII.2 - Entretien spécialisé

Purger et ragréer les éclats et amorces de béton.

Traiter (étanchéifier) les zones présentant des venues d'eau en partie supérieure de l'ouvrage zone afin de limiter les écoulements d'eau sur le parement et les circulations d'eau dans le remblai.

VIII.3 - Travaux de maintenance

Sans objet.

VIII.4 - Surveillance et investigations

Etant donné le peu d'information présente au dossier d'ouvrage et afin de s'assurer que l'évolution de la corrosion au droit des armatures ne devient pas problématique (perte de matière et/ou expansion de la zone corrodée), nous recommandons de réaliser la prochaine action de surveillance avec sondages dans moins de 3 ans.

Idéalement, il conviendrait d'établir un diagnostic plus détaillé sur l'état de corrosion des armatures par extraction d'armatures pour analyses en laboratoire. Néanmoins l'extraction d'armature ne peut pas être envisagée car l'ouvrage n'est pas équipé d'armatures témoins.

Nous recommandons de réaliser un diagnostic similaire à celui décrit dans le présent rapport (carottage + mesures in-situ)

- Au droit de 2 armatures au droit des traces de venues d'eau les plus marquées
- Au droit d'une armature sur chaque mur en retour (murs est et ouest).

La surveillance IQOA pourra être suivie selon la fréquence proposée dans le référentiel technique des guides LCPC / IFSTTAR, tous les 3 ans.

En résumé :

- Prochaine inspection avec diagnostic dans moins de 3 ans,
- IQOA tous les 3 ans.

Rapport établi le 19/09/2023
Le chargé d'études
CASAS Anthony



Annexe 1 – Planches techniques – Relevé de désordres

LEGENDE DES DESORDRES

DESORDRES SUR ABORDS & ACCES :

Veg
 : **V**égétation

Ep
 : **E**paufrure d'angle (choc)

Ec
 : **E**clat de béton

Hum / Ve
 : **H**umidité de parement
(surfacique) / **V**enues d'eau

Ep

 : **E**paufrure d'angle (choc)

Ec

 : **E**clat de béton

Hum / Ve

 : **H**umidité de parement
(surfacique) / **V**enues d'eau

Ec

 : **E**clat de béton

Hum / Ve

 : **H**umidité de parement
(surfacique) / **V**enues d'eau

Hum / Ve

 : **Hum**idité de parement
(surfacique) / **Ven**ues d'eau

SONDAGES-PRELEVEMENTS :

 **CAR** (B) : Prélèvement de béton par **carottage** n°(B)

REPERAGES :

Ω  : Photographie N° Ω

ANNEXE 1

PLANCHES DE DESORDRES

Renseignements divers

Jour de Visite	18/09/2023
----------------	------------

T°C jour visite	20°C
-----------------	------

Conditions climatiques jour visite	Pluie
------------------------------------	-------



INSPECTIONS DETAILLEES
Affaire n°: 23_08116

DIRCE	
SECTEUR District de Chambéry-G	
Dessiné par :	GISC

Mur de Front C3 OA N000430D	
R N0090 Grenoble / CEI Grenoble	
Vérifié par :	ANCA

ANNEXE 1
Indice : A
28/09/2023
Page : 1/2
FORMAT A3

28/09/2023
Page : 1/2

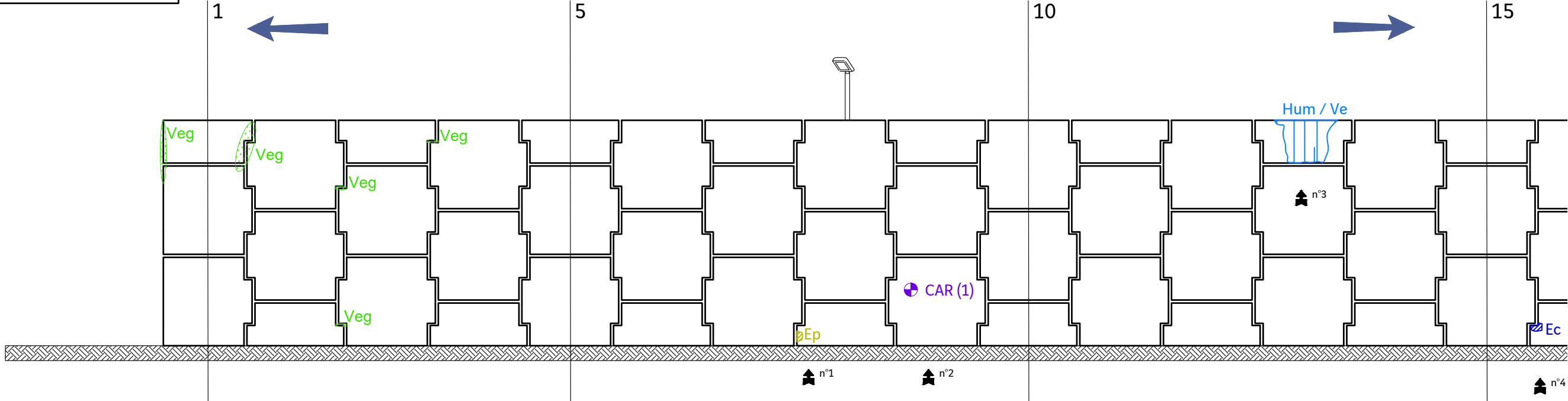
FORMAT A3

ELEVATION

Ech.: 1/75

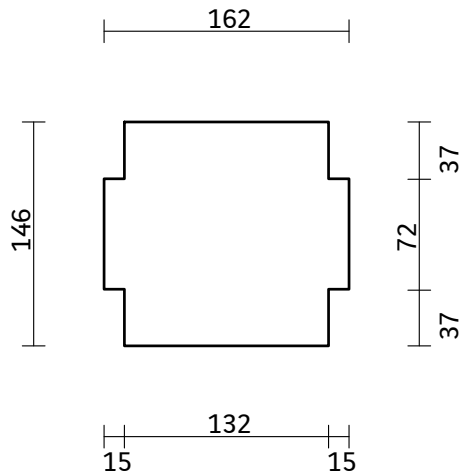
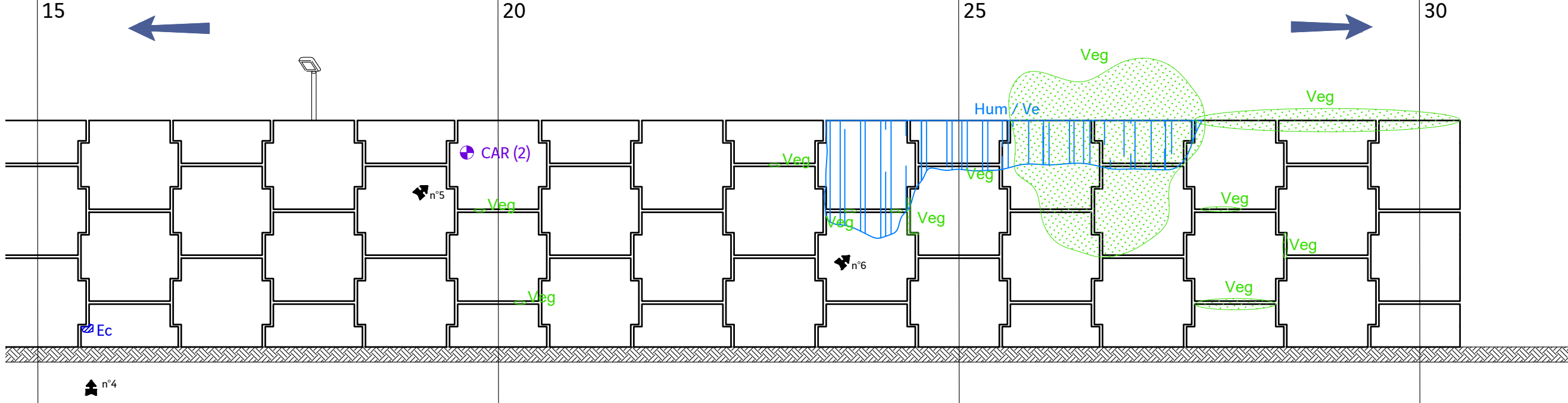
GIERES

GRENOBLE



GIERES

GRENOBLE



CARACTERISTIQUES D'UNE ECAILLE
épaisseur écaille = 11 cm
espacement moy. (joint) = 2 cm

REMARQUES:
- Graffitis sur la majeure partie de l'ouvrage (70% de la surface)

	INSPECTION DETAILLEES	DIRCE	Mur de Front C3 OA N000430D	ANNEXE 1 Indice : A
	Affaire n°: 23_08116	SECTEUR N0090 District de Chambéry-Grenoble / CEI Grenoble		28/09/2023 Page: 2 / 2
		Dessiné par : GISC	Vérifié par : ANCA	FORMAT A3



Annexe 2 – Reportage photographique



Photographie 1 : Eclat de béton 2x2 cm en pied de mur



Photographie 2 : Carottage C1



Photographie 3 : Humidité et venue d'eau en partie haute de l'ouvrage



Photographie 4 : éclat d'angle 5x20 cm



Photographie 5 : Carottage C2



Photographie 6 : Végétation entre joints et venue d'eau en tête du mur



Photographie 7 : Végétation en partie supérieure de l'ouvrage et entre joints



Photographie 8 : Eclairage en partie supérieure



Photographie 9 : Zone d'influence : voie cyclable en contrebas de l'ouvrage