

CONFÉRENCE TECHNIQUE TERRITORIALE

RÉSILIENCE ET OUVRAGES D'ART: DU CONSTAT À L'ACTION

Cerema Méditerranée Aix en Provence

MARDI

31
mai
2022



La résilience vis à vis du vieillissement des ouvrages

DÉCLINAISON DIR MÉDITERRANÉE DE L'ANALYSE DE RISQUES APPLIQUÉE AUX MURS EN MAÇONNERIE

Frédéric MARTY

Chef Bureau Ingénierie et Patrimoine

District Sud / DIR Massif Central

INTRODUCTION / CONTEXTE

Guide publié en 2021.

Murs de soutènement en maçonnerie sèche ou jointée, qui représentent plus de la moitié des murs de soutènement du réseau routier national non concédé et constituent donc un enjeu fort pour les gestionnaires.

S'inscrit dans le cadre d'un sujet d'alternance de la formation de Licence « Génie Civil – Maintenance et Gestion du Patrimoine d'Infrastructures » de l'ENTE d'Aix-en-Provence : recrutements 2019 et 2020.

Étude sur un secteur du réseau DIR Méditerranée (61 ouvrages classés 3 et 3U de la RN106).



Analyse des risques appliquée
aux murs en maçonnerie



Collection | Références

SECTEUR D'ETUDE

Tronçon de 48km de RN106 dans les départements du Gard (30) et de la Lozère (48).



Exploitation

- District
- CIGT & PC : Information et gestion de trafic
- CEI : Centre d'entretien et d'intervention
- Centre secondaire d'un CEI
- Point d'appui VH : Viabilité hivernale

Ingénierie

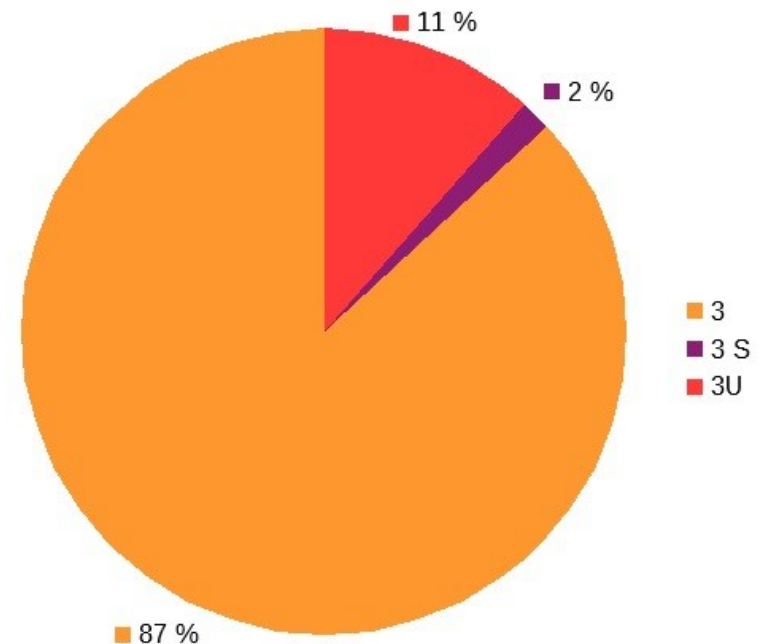
- SIR : Service d'ingénierie routière Marseille
- SIR : Service d'ingénierie routière Mende-Montpellier
- Centre de travaux

Réseau de la DIR Méditerranée

- Autoroutes non concédées
- Routes nationales à chaussée séparée
- Routes nationales à chaussée unique
- Siège de la DIR

DIR

MÉDITERRANÉE



METHODOLOGIE

Étude en deux phases :

Phase n°1 : En bureau d'étude

Capitalisation des entrants et des données sources.

Première AdR du parc d'ouvrages.

Phase n°2 : Terrain puis retour BE

Validation des entrants au BE.

Finalisation AdR du parc d'ouvrages étudiés.



Phase n°1 : En bureau d'étude

METHODOLOGIE

Capitalisation des entrants et des données sources :

Dossiers d'ouvrages, IQOA, SIAMOA, Googlestreetview, geoportail IGN, infoterre BRGM, remonterletemps IGN carte salage, carte TE, cartes PPR, carte trafic

Première AdR du parc d'ouvrages.

Création d'une fiche sur tableur en lien avec le guide.

- 1 – Présentation ;
- 2 – Aléas ;
- 3 – Vulnérabilité ;
- 4 – Conséquence ;
- 5 – Évaluation globale ;
- 6 – Criticité ;
- 7 – Fiche de synthèse avec niveau de Risque.

Fiche synthèse		
Vole	PR	Couvrage
RN 106	PR.21725	Mur COLLET 5
Date	Type 1	

Aléas					
Agressivité du milieu		Augmentation des sollicitations		Résistance géotechnique en pied défilante	
Tableau 2	Tableau 3	Tableau 5	Tableau 6	Tableau 8	Tableau 9
A11	3	Tota1 A2	A21	0	Tota1 A2
A12	0	3	A22	0	3
A13	0	Niveau A2	A23	0	Niveau A2
A14	0	Moyen	A24	0	Faible
			A25	0	
			A26	0	
			A27	0	Faible
			A28	0	

Vulnérabilité					
Agressivité du milieu		Augmentation des sollicitations sur le mur		Résistance géotechnique en pied défilante	
Tableau 2	Tableau 3	Tableau 5	Tableau 6	Tableau 8	Tableau 9
V11	0	Tota1 V1	V11	25	Tota1 V1
V12	0	3	V12	0	25
V13	1	Niveau V1	V13	0	Niveau V1
V14	0	Faible	V14	25	Moyen

Gravité des conséquences	
Tableau 10	Tableau 11
C1	3
C2	0
C3	4
C4	5

Tableaux de synthèse					
Niveau de criticité		Niveau de risque			
Pour chaque brique « aléa-vulnérabilité » Tableau 11		Pour chaque solénoïde Tableau 12		Tableau 15	
Agressivité du milieu		Risque par rupture interne (A1-V1 à A1-V2)			
A1-V1	Criticité Faible	Criticité Moyenne	Risque Fort	Risque Très Fort	
Augmentation des sollicitations sur le mur		Risque par rupture externe (A2-V1 à A2-V2)			
A2-V1	Criticité Moyenne	Criticité Moyenne	Risque Fort		
Résistance géotechnique en pied défilante		Risque par rupture externe (A3-V1 à A3-V2)			
A3-V1	Criticité Faible	Criticité Moyenne	Risque Fort		

Bel Type 2 encastré

Aléa



IQOA_2014_St_PR IVAT_28



IQOA_2017_St_PR IVAT_28



cartegeol_48_RN 106_PR.13+410_S t_PRIVAT_28_48N 106FLOM01341...



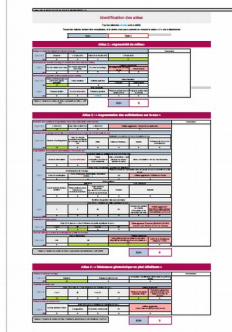
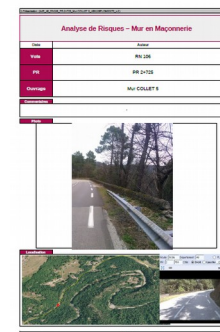
cartetopo_48_RN 106_PR.13+410_S t_PRIVAT_28_48N 106FLOM01341...



Isidor_48_RN106_PR.13+410_St_PRI VAT_28_48N106FL OM01341_ -



Isidor1_48_RN106_PR.13+410_St_P RIVAT_28_48N106 FLOM01341_ -

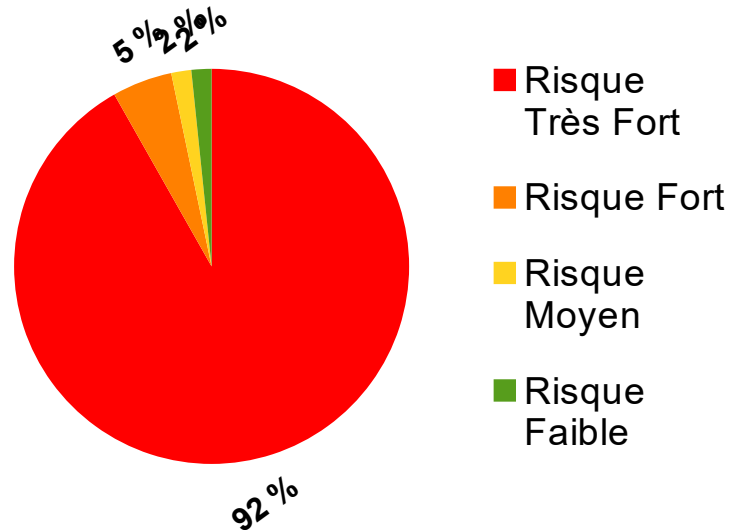


Déclinaison DIR Méditerranée de l'Analyse de risques Murs en maçonnerie

Phase n°1 : Résultats

METHODOLOGIE

Premiers résultats : 92 % de murs qualifiés à « risques très fort ».



Évidemment non satisfaisant... S'explique par la classe IQOA élevée des murs
... Mais pas que par cela...

METHODOLOGIE

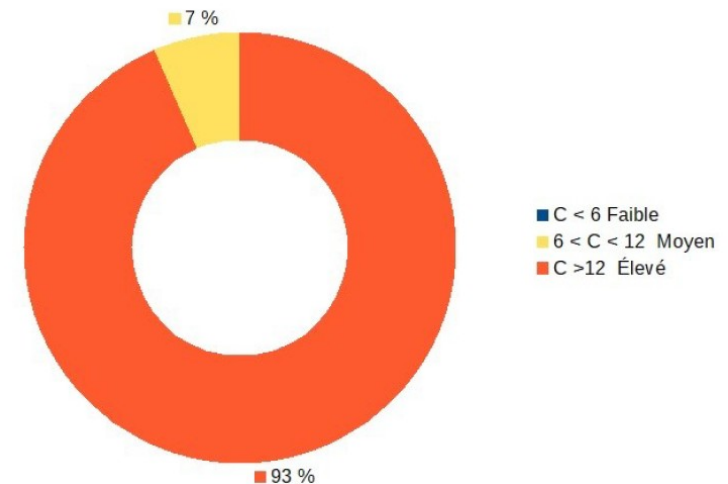
Évidemment non satisfaisant... S'explique par la classe IQOA élevée des murs
... Mais pas que par cela...

Analyse des PV d'IQOA :

- manque de précisions ou parfois de clarté dans les observations inscrites dans les procès verbaux ;
- ne permet pas de définir précisément le ou les défauts donnant la classe IQOA finale du mur;
- les réparations que peuvent avoir subi un mur ne sont pas toujours référencées en temps réel.

Impact de la méthodologie :

- Volet Gravité de conséquences « C »;
- « impact sur le niveau de service » ;
- Critère aggravant « déviation impossible ».



Phase n°2 : Terrain

METHODOLOGIE

Visite de 50 % du parc :

Valider la classe IQOA des soutènements sur les défauts/désordres structurels et de la zone d'influence. Examen de façon moins poussée les équipements et le drainage.

Remarques et commentaires supplémentaires permettant notamment de mettre en avant certains éléments constatés non signalés dans les PV d'IQOA capitalisés sous Siamoa (présence d'aqueduc, de contre-murs, d'une instrumentation, de réparations, etc.).



Phase n°2 : Terrain

METHODOLOGIE

Malgré de nombreuses modifications favorables aux murs (évaluation plus fine : distance mur/voie, réparations, insertion des dimensions dans AdR : épaisseur du mur en tête...), le niveau de conséquences final induit par la méthode restait toujours aussi influent sans faire baisse le niveau de risques.

La quantification de la gravité de conséquence pouvait être affinée.

Proposition à la Dtech Itm : possibilité d'introduire une notion plus mesurée « d'alternat » dans les critères aggravants.

Impact sur le niveau de service				
c4	Faible	Moyen	Fort	Critère aggravant : Déviation impossible
	+0	2	4	5

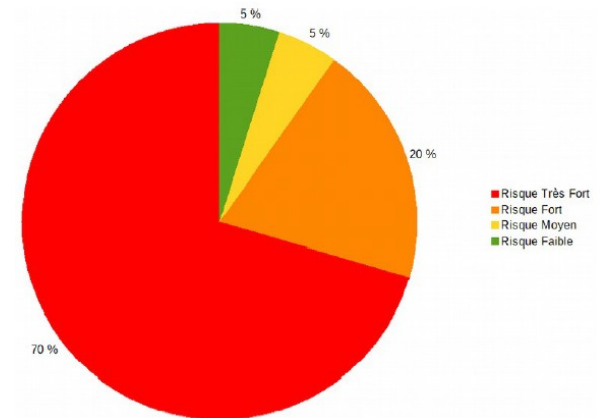
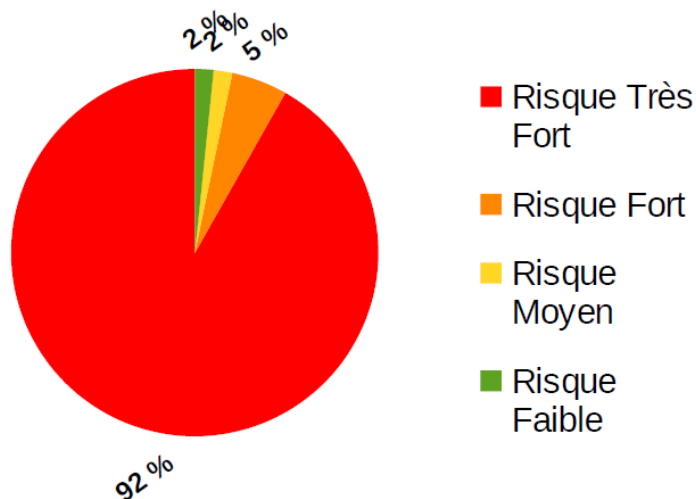


Impact sur le niveau de service				
c4	Faible	Moyen	Fort	Critère aggravant : Déviation impossible
				Alternat possible
+0	2	4	2	5

METHODOLOGIE

70 % de murs qualifiés à « risques très fort ».

Baisse de 22 % des murs à risques « très fort » plutôt satisfaisante et encourageante car seulement 50 % des murs ont été visités.



PRIORISATION

Niveau de risque	Nombre de murs
Risque Très fort	43
Risque Fort	12
Risque Moyen	3
Risque Faible	3

Par quels murs commencer ?

Priorisation secondaire « made in SIR2M » pour établir un classement plus sélectif en vue de la mise en œuvre d'un « plan d'action ».

Chaque mur a été classé selon l'ordre des paramètres ci-dessous :

- 1- le niveau de risque ;
- 2- la note IQOA ;
- 3- la note pathologique ;
- 4- la possibilité ou non d'un alternat.

PRIORISATION

Par quels murs commencer ? Pourquoi une note pathologique ?

→ pour hiérarchiser les murs dans l'AdR et rendre opérationnelle la méthode.
→ C'est une note complémentaire (secondaire) permettant de distinguer un « poids relatif » des défauts structurels dans le PV d'IQOA : part du principe que **deux catégories de murs peuvent être distingués** (qu'ils soient de type 1 ou 2) :

1→ **Les murs faisant l'objet de défauts sur matériaux en l'absence d'autres défauts structurels** (les défauts à réparer étant du disjointoiement et des lacunes de moellons ou des cavités à combler). Pour ces ouvrages, le chiffrage est relativement aisé à réaliser à partir du marché à bons de commande local ;

2→ **Les murs à plus fortes pathologies** (fractures, basculement, zone d'influence,...) impliquant un possible mouvement/déplacement de l'ouvrage et devant faire l'objet de pré-diagnostics plus précis et/ou de reconnaissances complémentaires (géotechnique et suivi instrumental suivant pathologies).

PRIORISATION

Classification des 61 murs :

ordre de priorité : Risque > note IQOA > Note patho > Alternat

Ordre de priorité	AdR	ID	Nom	PR	abscisse	Stabilité d'ensemble	Fractures (mur et contre-murs)		Mouvements, Déformations (mur et contre-murs)		Défauts sur matériaux		Note IQOA	Note totale pathologie	Alternat possible	Longueur	hauteur	surface	Partie d'ouvrage	Zone Défauts	Desordres
1	Risque Très Fort	N106120	MUR DU QUAI KILMARNOCK	44	16	0	1	0	1	0	0,5	0	3U	2,5	oui	307	5,5	1689	Structure	Mouvements, déformations (Mur) + Fractures (Mur) + Défauts des matériaux (Mur)	4112 - Déplacement ou déformation en plan 4120 - Fracture verticale de type I 4131 - Desolements des moellons, lacunes
2	Risque Très Fort	N106700	Mur du PR 64+500	64	800	0	1	0	1	0	0	0	3U	2	oui	75	5,3	293	Structure	Fractures (Mur) + Défauts des matériaux (Mur)	4121 - Fracture verticale ou oblique de type II 4133 - Désorganisation de la maçonnerie
3	Risque Très Fort	48N106FLO M00272	COLLET 5	2	725 650 selon Isidor	0	0	0	1	0	0	0	3U	1	non	60,4	8,5	307,8	Structure	Mouvements, déformations (Mur)	4112 - Déplacement ou déformation en plan
4	Risque Très Fort	48N106FLO M00730	COLLET55	7	180	0	1	0	0	0	0	0	3U	1	non	54	3,8	171,3	Structure	Fractures (Mur)	4120 - Fracture verticale de type I
5	Risque Très Fort	48N106FLO M00820	COLLET65	8	202	0	1	0	0	0	0	0	3U	1	non	9,6	2,4	21,1	Structure	Fractures (Mur)	4120 - Fracture verticale de type I
6	Risque Très Fort	48N106FLO M01074	St HILAIRE 5	10	742 650 selon Isidor	0	0	0	1	0	0	0	3U	1	non	7	3,2	22	Structure	Mouvements, déformations (Mur)	4112 - Déplacement ou déformation en plan 4115 - Basculement de l'extrémité du
45	Risque Très Fort	48N106FLO M01341	St PRIVAT 28	13	410	0	0	0	0	0	0,5	0	3	0,5	non	70,3	8	400	Structure	Défauts des matériaux (Mur)	4132 - Cavités, effondrements partiels
46	Risque Très Fort	N106080	MUR AVENUE CARNOT	41	722	0	0	0	0	0	0	0,5	3	0,5	oui	376	5,15	1128	Structure	Défauts des matériaux (Mur)	4132 - Cavités, effondrements partiels
47	Risque Très Fort	48N106FLO M02233	St PRIVAT 95	22	338	0	0	0	0	0	0,5	0	3	0,5	oui	28,4	6,4	102	Structure	Défauts des matériaux (Mur)	4132 - Cavités, effondrements partiels
48	Risque Fort	48N106FLO M00185	St Julien des Points 6	1	550	1															
49	Risque Fort	48N106FLO M00195	St Julien des Points 9	1	958	0															
50	Risque Fort	48N106FLO M00271	COLLET 4	2	710	0															
51	Risque Fort	48N106FLO M00699	COLLET50	6	994	0															
52	Risque Fort	48N106FLO M01944	St PRIVAT 69	19	449	0															
53	Risque Fort	48N106FLO M02075	St PRIVAT 91	20	752	0															
54	Risque Fort	48N106FLO M00502	COLLET26	5	27	0															
55	Risque Fort	48N106FLO M00959	COLLET64	9	592	0															
56	Risque Fort	48N106FLO M01098	St HILAIRE 8	10	920	0															
57	Risque Fort	48N106FLO M01942	St PRIVAT 68	19	419	0															
58	Risque Moyen	48N106FLO M01951	St PRIVAT 71	19	515	0															
59	Risque Moyen	48N106FLO M00382	COLLET 11	3	825	0															
60	Risque Moyen	48N106FLO M00702	COLLET51	6	1035	0															
61	Risque Faible	48N106FLO M02135	St PRIVAT 96	21	350	0															

Stabilité d'ensemble	Fractures (mur et contre-murs)	Mouvements, Déformations (mur et contre-murs)	Défauts sur matériaux	Note IQOA	Note totale pathologie	Alternat possible	
0	1	0	0,5	0	3U	2,5	oui
0	1	0	0	0	3U	2	oui
0	0	0	0	0	3U	1	non

PRIORISATION

Plan d'action pour le traitement des 61 murs :

Développement d'une stratégie :

Actions à court terme :

⇒ Traiter les murs faisant l'objet de défauts sur matériaux en l'absence d'autres défauts structurels : les défauts à réparer étant du disjointolement et des lacunes de moellons ou des cavités à combler. Cela concerne **29 murs** de la liste.

Sans attendre et à traiter dans l'ordre de classement et avec l'aide des marchés à bons de commande entretien spécialisé.

Actions à moyen et long terme :

⇒ Étudier les murs à plus fortes pathologies (fractures, basculement, zone d'influence,...) impliquant un possible mouvement de l'ouvrage et devant faire l'objet de pré-diagnostic plus précis et/ou de reconnaissances complémentaires (géotechnique et suivi instrumental suivant pathologies). Cela concerne **32 murs** de la liste.

Programmer, engager et mutualiser les pré-diagnostic et diagnostic dans l'ordre de classement (avec les mbc géotechnique, diagnostic et inspection).

CONCLUSION

La méthodologie d'AdR :

- Permet une meilleure connaissance et évaluation du risque ;
- Aide le gestionnaire pour établir des axes de priorisation pour de futures actions de travaux d'entretien de maintenance et de réparation ;
- Cible les OA Pathologiques pour la réalisation de diagnostics plus poussés : diagnostic structure, hydraulique, géotechnique, ... ;
- Permet d'affecter de manière ordonnancée les moyens financiers et humains à la maintenance des ouvrages ;

Importance du dossier d'ouvrage et de la qualité des IQOA (formations inscrites au PLF DIR MED).

Merci de votre attention



Frédéric MARTY

Chef du Bureau Ingénierie et Patrimoine District Sud / DIR Massif Central

District Sud, 11 rue du Chasselas, 34800 Clermont l'Hérault

Frederic.marty@developpement-durable.gouv.fr