

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 DES RISQUES APPLIQUÉE AUX BUSES METALLIQUES

Frédéric MARTY

Chef Bureau Ingénierie et Patrimoine

District Sud / DIR Massif Central



INTRODUCTION / CONTEXTE

S'inscrit dans le cadre de l'application du guide publié en 2016.

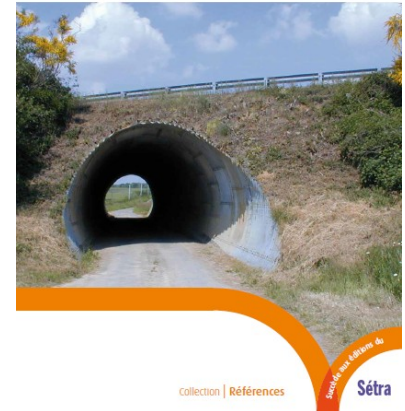
Le Maître d'Ouvrage avait pour objectif d'affiner sa stratégie de gestion.

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 l'ensemble du patrimoine du réseau DIR Méditerranée (85 ouvrages).



Analyse des risques
appliquée aux buses métalliques



ANALYSE DES OUVRAGES

Phase d'analyse « ouvrage par ouvrage » en s'appuyant sur l'ensemble des données disponibles.

Utilité informations délivrées par les sites tels que « remonterletemps » (IGN), « géoportail » (IGN), « infoterre » (BRGM) et « googlestreetview ».

Limites de l'exercice en l'absence de terrain :

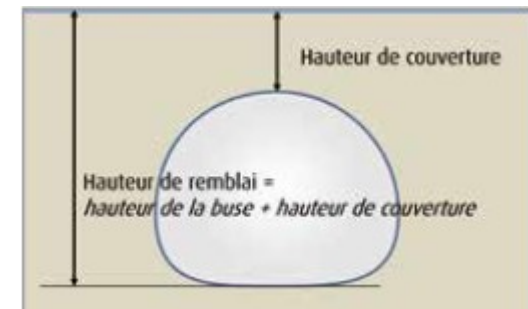
Véracité des données IQOA et compréhension des défauts (notamment corrosion).

L'évaluation plus fine des hauteurs de couverture « Hc ».

4.4.4 - Hauteur de couverture et de remblai

Cette dimension est à mesurer ou à estimer sur l'ouvrage comme présenté sur la Figure 5. En cas d'impossibilité, elle doit être estimée entre ces trois intervalles :

- < 1 m ;
- entre 1 et 4 m ;
- > 4 m.



RESULTATS

La part de buses métalliques possédant un niveau de risque « élevé » est très importante (82 % avec note $> 7/12$).

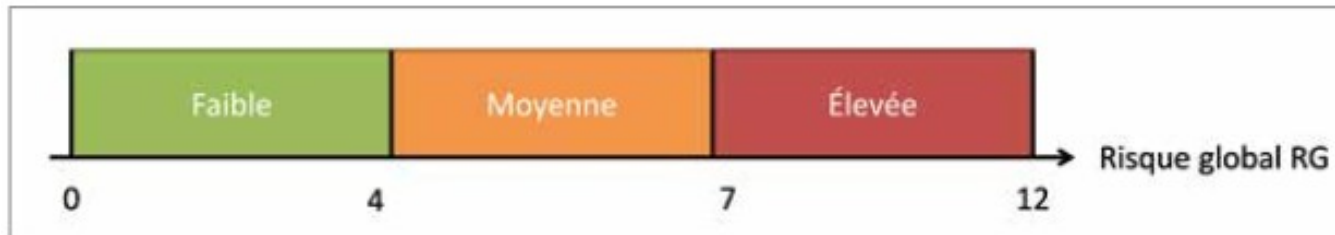


Figure 10 : Détermination du niveau de risque global de la buse métallique

67 % des ouvrages à niveau de risque « élevé » sont de classe 2 à 2E.

RESULTATS

Parc des ouvrages selon les classes IQOA et le résultat de l'analyse de risque.

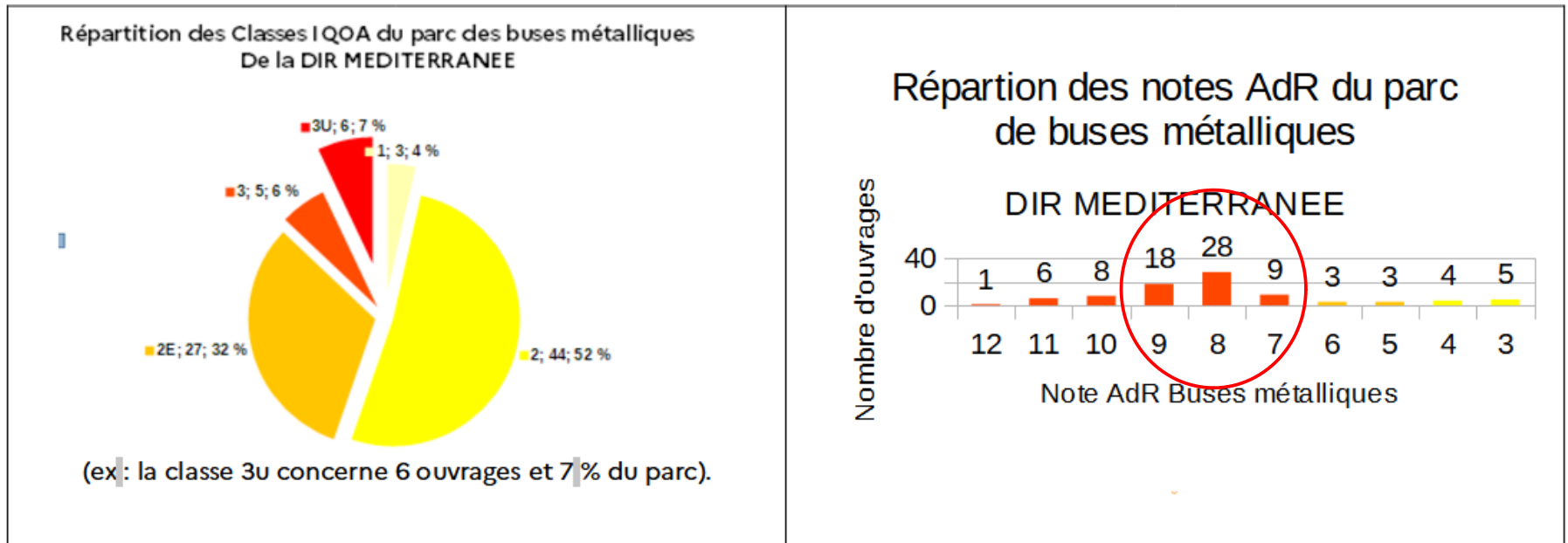


Figure n°1 : Classe des ouvrages et répartition des notes AdR.

PRIORISATION

Le SIR2M a proposé au PPOA une priorisation générale d'intervention sur les ouvrages selon l'ordre des critères retenus ci-dessous :

- La classe IQOA de l'ouvrage qui priorise l'état structurel ;
- Le niveau de risque (« faible », « moyen » et « élevé ») ;
- La note Analyse de Risques de l'ouvrage (variable entre 0 et 12) ;
- La détermination du type de voie franchie (13/85 voies « sèches » : ouvrage agricoles, routier ou piéton et 72/85 voies « humides », ouvrages hydrauliques). Les ouvrages hydrauliques étant prioritaires.
- La présence avérée de corrosion dans les Procès Verbaux d'IQOA (concerne 50 ouvrages) ;
- La présence/absence de dispositifs parafouilles au niveau des ouvrages hydrauliques. Ces dispositifs sont recensés pour 27 des 72 ouvrages hydrauliques étudiés (selon les informations disponibles récoltées dans les dossiers).

PRIORISATION

Retour d'expérience de l'Étude de Transparence hydraulique pour le compte de la DIR Massif Central.

→ Importance de dispositifs parafoilles au niveau des extrémités des ouvrages hydrauliques.

Commune	Commune	Commune
Lodève (+10 km alentours)	Pégaïrolles de l'Escalette (+10 km alentours)	Clermont l'Herault (+10 km alentours)
>25 événements >100 mm	>25 événements >100 mm	>25 événements >100 mm
>25 événements >200 mm	>25 événements >200 mm	>25 événements >200 mm

Tableau n°1 : Evènements > 100 mm et >200mm pour la période 1957-2017.

Commune	Commune	Commune	Commune
Le Caylar (+10 km alentours)	Lodève (+10 km alentours)	Pégaïrolles de l'Escalette (+10 km alentours)	Clermont l'Herault (+10 km alentours)
Evènements >300 mm	Evènements >300 mm	Evènements >300 mm	Evènements >300 mm
Pluies mesurées le 21/09/1997 Le Caylar 448 mm	Pluies mesurées le 12/09/2015 Les plans 302 mm Lodève 358 mm	Pluies mesurées le 12/09/2015 Les plans 302 mm Lodève 358 mm	Pluies mesurées le 13/10/2016 Clermont l'Herault 352 mm
Pluies mesurées le 12/09/2015 Les plans 302 mm Lodève 358 mm	Pluies mesurées le 04/11/1997 Les plans 348 mm	Pluies mesurées le 04/11/1997 Les plans 348 mm	Pluies mesurées le 29/09/2014 Le Pouget 341 mm
Pluies mesurées le 04/11/1997 Les plans 348 mm	Pluies mesurées le 07/11/1982 Roqueredonde 392 mm	Pluies mesurées le 20/09/1980 Ceilhès et Rocozels 304 mm	
Pluies mesurées le 20/09/1980 Ceilhès et Rocozels 304 mm	Pluies mesurées le 20/09/1980 Ceilhès et Rocozels 304 mm		
Nombre total d'évènements > 300 mm : 7			

Tableau n°2 : Evènements > 300 mm pour la période 1957-2017.



Pluies Extrêmes (Météo France)

PRIORISATION

Tableau général:

	N°			Bus	IQOA	Note risque	Ouvrage hydraulique	Corrosion	Dispositif parasfoie
P1	1	CEI La Grande Combe	Le Collet-de-Dèze	RLN0607-2	PONT DES COMBES OA N°2 Elarg Aval Buse Metal	30	10	1	0
	2	CEI La Grande Combe	Saint-Julien-des-Points	RLN0605-2	PONT DES OULES Nouveau OA Buse Metallique	30	9	1	0
	3	CEI La Grande Combe	Le Collet-de-Dèze	RLN0606-2	PONT de LA DIVIZIS Elarg Aval Buse Metal OA N°2	30	9	1	0
	4	CEI La Grande Combe	Saint-Privat-de-Vallonque	RLN0630-2	PONT SUR RAVIN AU N°15+45 Elarg Aval Buse Metal OA N°2	30	9	1	0
	5	CEI La Grande Combe	Saint-Privat-de-Vallonque	RLN0627-2	PONT SUR RAVIN Elarg Aval Buse Metal OA N°2	30	9	1	1
	6	CEI La Grande Combe	Saint-Julien-des-Points	RLN0602-3	PONCLEAU RAVIN Elarg Aval Buse Metal OA N°3	30	8	1	0
	7	CEI La Grande Combe	Salles-de-Gardón	N036490-1	PONT DE ROUVLONG	3	11	0	0
	8	CEI A51 (Aix-en-Osloille)	Bouc-Sal-Air	A170801-1	PI double sur le Malvalet - BUSE RIVE DROITE	3	11	1	0
	9	CEI A51 (Aix-en-Osloille)	Bouc-Sal-Air	A170801-2	PI double sur le Malvalet - BUSE RIVE GAUCHE	3	11	0	1
	10	CEI La Grande Combe	Le Collet-de-Dèze	RLN0614-2	PONCLEAU DU SAUNIER Elarg Aval Buse Metal OA N°2	3	8	1	1
P2	11	CEI Chorges - Embun	Chorges	RN94018-1	PASSAGE BOURGOGNE	3	4	0	1
	12	CEI A7 (Saint Antoine)	Pernes-Minabeau	A170151-1	PI DU MERLANCON	25	11	0	0
	13	CEI La Garde	Hyères	N905-2	PI sur LE ROUBAUD à HYÈRES OA N°2 Buse RG	25	11	1	0
	14	CEI La Garde	Hyères	N905-1	PI sur LE ROUBAUD à HYÈRES OA N°1 Buse RD	25	11	1	1
	15	CEI A51 (Aix-en-Osloille)	Aix-en-Provence	A170841-1	PASSAGE HYDRAULIQUE sur LA LUYNE	25	10	1	1
	16	CEI Boucoiran-Nozières	Nîmes	N106110-1	PONT DE LA COTE DE BARUTEL	25	10	1	1
	17	CEI Saint André les Alpes	Saint-Benoit	N202 01-2	Buse sur le Mouton OA N°1 Elarg Aval Buse Metal	25	10	1	1
	18	CEI Saint Bonnet - Gap	Apravois-Corps	RN85001-1	PONT DU MOTTY	25	10	1	1
	19	CEI A50 (Clansay)	Marssail	A140241-2	PONT SUR LA GARNIERONNE 2 Autoroute	25	10	1	1
	20	CEI Aupps-Vives	Nîmes	N133210-2	PONT DES POULINES Elargissement GAUCHE	25	9	1	0
	21	CEI Saint André les Alpes	Vergons	N202 28-1	PONT SUR LE RAVIN DU SARRIAC Buse Metal	25	9	1	0
	22	CEI Saint André les Alpes	Saint-benoit	N85 50-2	BUSE METAL AVAL	25	9	1	0
	23	CEI Digne les Bains	Digne-les-Bains	N85 48-2	BUSE METAL 2 EST	25	9	1	0
	24	CEI Digne les Bains	Digne-les-Bains	N85 48-1	BUSE METAL 3 OUEST	25	9	1	0
	25	CEI La Grande Combe	Salles-de-Gardón	N06450-2	Pont de LA FERRIOLLE Elarg Aval Buse ME OA 2	25	9	1	0
	26	CEI La Grande Combe	Saint-Privat-de-Vallonque	RLN0635-1	BUSE DE LA COMBE	25	9	1	0
	27	CEI La Grande Combe	Saint-Privat-de-Vallonque	RLN0637-1	BUSE DE BELVEZET	25	9	1	0
	28	CEI La Grande Combe	Saint-Privat-de-Vallonque	RLN0623-2	BUSE SUR RAVIN DE PEPI OA N°2 Elarg Aval Buse ME	25	9	0	0
	29	CEI La Grande Combe	Saint-Privat-de-Vallonque	RLN0626-2	BUSE METAL DU BURGAS sous la RN106	25	9	0	0
	30	CEI Saint André les Alpes	Saint-benoit	N202 46-2	Pont sur ravin du Pontant OA N°2 Elarg Aval BUSE METAL	25	8	1	1
	31	CEI Digne les Bains	Digne-les-Bains	N85 53-1	BUSE SUR LE RAVIN DE BASTI LAUME	25	8	1	0
	32	CEI Digne les Bains	Châteaudon	N85 53-1	BUSE DE LA GOURAS	25	8	0	1
	33	CEI Saint Bonnet - Gap	TALLARD	RN85020-3	PONT SUR CANAL DE VENTAVON 3	25	8	1	0
	34	CEI Saint Bonnet - Gap	TALLARD	RN85020-2	PONT SUR CANAL DE VENTAVON 2	25	8	1	0
	35	CEI La Grande Combe	Salles-de-Gardón	N106440-2	Pont de LA CARRIERE Elarg Aval Buse Metal OA N°2	25	8	1	1
	36	CEI La Grande Combe	Le Collet-de-Dèze	RLN0610-1	BUSE DE SERVIERES Buse Metallique	25	8	1	0
	37	CEI Saint Martin de Crau	SAINT-MARTIN-DE-CRAU	N424041	BUSE DU MAS DE SOUSIARD	25	5	0	0
	38	CEI Lavera	POS-SUR-MER	N342200-2	PASSAGE SUR CANAL SHILL CHIMIS	25	5	0	1
	39	CEI Aupps-Vives	Vendargues	34 N013 015+015-4	OA N°4 Elarg Amont de FOA N°3 Buses Metal	2	12	0	0
	40	CEI Aupps-Vives	Vendargues	34 N013 015+322-1	RN 113 - BUSE AU PR 15+ 322	2	10	0	0
	41	CEI La Garde	Agnines	A570 71-1	PI sur l'ossuise ST JEAN A HYERES OTH N°8	2	10	1	0
	42	CEI Saint André les Alpes	Vergons	N202 27-2	ELARGISSEMENT AVAL BUSE METAL	2	9	1	0
	43	CEI Digne les Bains	Digne-les-Bains	N85 49-2	BUSE METAL	2	9	1	0
	44	CEI Saint André les Alpes	Vergons	N202 32-3	OA N°3 Elarg Amont Buse METAL	2	9	1	0
	45	CEI La Croisette	Honoratgen	00770640-2	OA N°2 Elarg Buse metal Amont	2	9	1	0
	46	CEI Saint André les Alpes	Saint-benoit	N202 481-1	BUSE METAL DU REPERE A ADAR DE ST BENOIT	2	8	1	0
47	CEI Digne les Bains	Agnun	N85 30-1	BUSE SUR RAVIN DU FARGON	2	8	1	0	
48	CEI Digne les Bains	Digne-les-Bains	N85 50-2	Ravin BRASSIE BUSE METAL AVAL	2	8	1	0	
49	CEI Digne les Bains	Entraygues	N85 81-2	PONT DE LA PETITS BACHES BUSE METAL AMONT	2	8	1	1	
50	CEI Chorges - Embun	Chorges	RN94017-1	BUSE DES MOULIETTES OA N°1 Buse RD	2	8	1	0	
51	CEI Chorges - Embun	Crots	RN94024-1	BUSE DE COMBE BARD	2	8	1	0	
52	CEI Les Angles	Angles	N030099-1	Pont de allée des PLATANES OA N°4 Buse Metal O 220	2	8	1	0	
53	CEI Les Angles	Saint-Laurent-des-Arbres	N580080-1	PONT DU DEVES	2	8	1	1	
54	CEI La Grande Combe	Saint-Michel-de-Dèze	RLN0615-2	PONT DE LIMARIS OA N° 2 Buse ME Elarg Aval	2	8	1	0	
55	CEI Chorges - Embun	Chorges	RN94017-2	BUSE DES MOULIETTES OA N°3 Buse centrale	2	8	1	0	
56	CEI Chorges - Embun	Chorges	RN94017-3	BUSE DES MOULIETTES 3	2	8	1	0	
57	CEI La Grande Combe	Saint-Privat-de-Vallonque	RLN0625-2	PONCLEAU Elarg Aval Buse Metal OA N°2	2	8	0	0	
58	CEI A55 (Saint Henry)	Gignac-la-Nerthe	A171401-1	PI PR 19+108 SUR UN RUISSEAU	2	8	1	0	
59	CEI Aupps-Vives	Serns	N153240-2	VALONGUIS ELARGISSEMENT AMONT	2	8	0	0	
60	CEI St Henri	GIGNAC-LA-NERTHE	A171401	PI AU PR 20+593	2	8	1	0	
61	CEI A55 (Saint Henry)	Gignac-la-Nerthe	A171501-1	PI SOUS BRETELLE SORTIE GIGNAC Buse Metal	2	8	1	0	
62	CEI La Garde	Agnines	A57062-1	PI A HYERES sur LE ROUBAUD OTH N°5	2	8	1	0	
63	CEI Saint André les Alpes	Vergons	N202 28-1	BUSE SUR RAVIN DE RIOMMES	2	7	1	0	
64	CEI Digne les Bains	Entraygues	N85 58-1	BUSE SUR RAVIN DES COURTIERS	2	7	1	0	
65	CEI Chorges - Embun	Châteaufort-les-Alpes	RN94041-3	OA N°3 Elargissement Amont Buse Metallique	2	7	1	0	
66	CEI A55 (Saint Henry)	Ensus-le-Bedone	A171521-1	PI AU PR 21+623 Buse Metal	2	7	1	0	
67	CEI A7 (Saint Antoine)	Marssail	A171821-1	BUSE METAL RUISSEAU AYGALESDES	2	7	1	0	
68	CEI La Grande Combe	Saint-Julien-des-Points	RLN0603-2	Pont sur LE RAVIN de la station Buse Metal OA N°2	2	7	1	0	
69	CEI La Grande Combe	Le Collet-de-Dèze	RLN0609-2	PONCLEAU SUR COMBES Buse Metal Aval sous RN	2	7	1	0	
70	CEI La Grande Combe	Saint-Privat-de-Vallonque	RLN0622-2	PONT DES CORBIERES OA N°2 Elarg Aval Buse ME	2	7	1	0	
71	CEI Saint André les Alpes	Saint-benoit	N202 482-2	BUSE AMONT	2	6	1	0	
72	CEI Digne les Bains	Châteaudon	N85 558-1	BUSE DU RAVIN DE JALONNET	2	6	1	1	
73	CEI Lavera	Martignas	A171741-1	PI AU PR 38+850 PASSAGE PIETON	2	6	1	0	
74	CEI Lavera	PORT-DE-BOUC	N350051-2	PASSAGE PIETON(du Stade)	2	5	0	1	

PRIORISATION

Zoom tableau général:

Buse	IQA	Note risque	Ouvrage hydraulique	Corrosion	Dispositif parafouille
s OA N°2 Elarg Aval Buse Métal	3U	10	1	1	0
Nouveau OA Buse Métallique	3U	9	1	1	0
Elargi Aval Buse Métal OA N°2	3U	9	1	1	0
R15+145 Elargi Aval Buse Métal OA N°2	3U	9	1	1	0
Elargi Aval Buse Métal OA N°2	3U	9	1	1	1
Elargi Aval Buse Métal OA N°3	3U	8	1	1	1
DE ROUVELONG	3	11	1	0	0
Malvallat - BUSE RIVE DROITE	3	11	1	0	1
Malvallat - BUSE RIVE GAUCHE	3	11	1	0	1
ER Elargi Aval Buse Métal OA N°2	3	8	1	1	1
IGE BOURGOGNE	3	4	0	1	0
U MERLANCON	2E	11	1	1	0
D à HYERES OA N°2 Buse RG	2E	11	1	1	0
D à HYERES OA N°1 Buse RD	2E	11	1	1	1
BAULOGNE sur LA LOYNE	2E	10	1	1	0



PRIORISATION

Plan d'action : sectorisation des interventions proposé selon 4 niveaux de priorité : « P0 », « P1 », « P2 » et « P3 » ;

Sectorisation des interventions	Ouvrages concernés	Priorité	Nombre d'ouvrages	Diagnostic
Priorité 0 : Elle consiste à nettoyer et curer les ouvrages qui seraient encombrés	Tous ouvrages	P0	85	
Priorité 1 : Influence structurelle prononcée et AdR « élevée »	Ouvrages 3U et 3 dans l'ordre n°1 à n°11	P1	10	<ul style="list-style-type: none"> • diagnostic métal sur les buses corrodées (8/11 ouvrages), • vérification intégrité des parafouilles (5/10 OH), • évaluation du renforcement des extrémités en l'absence de système parafouilles (5/10 OH).
Priorité 2 : Entretien spécialisé sous réserve du diagnostic corrosion et AdR élevée	Ouvrages de classes 2E et 2 dans l'ordre n°12 à n°45	P2	34	<ul style="list-style-type: none"> • diagnostic métal sur les buses corrodées (23/34 ouvrages), • vérification intégrité des parafouilles (5/32 OH), • évaluation du renforcement des extrémités en l'absence de système parafouilles (8/32 OH).
Priorité 3 : Entretien spécialisé à courant et AdR faiblement élevée à faible	Reste des Ouvrages de classes 2 à 1. n°46 à n°85	P3	41	Surveillance et éventuel diagnostic métal

PRIORISATION

L'entretien courant permettant la transparence hydraulique reste la priorité « de base » à respecter, d'autant plus si les extrémités des ouvrages ne disposent pas de protections contre les affouillements. Cette priorité est désignée « P0 ».

Malgré le grand nombre d'ouvrages qui se révèlent à risque « élevé » (70/85), la proportion d'ouvrages dont la présence de pathologies et de défauts engageant l'intégrité de la structure reste faible (12 % - 10/85). Ce sont ces ouvrages qu'il convient de diagnostiquer, d'étudier et de traiter en priorité dans l'ordre du tableau (ouvrages n°1 à n°11). Cette priorité est désignée « P1 ».

PRIORISATION

Il est par ailleurs important d'engager des phases de diagnostic métal pour les priorités « P1 » et « P2 » ainsi que des vérifications de l'intégrité des extrémités amont et aval des ouvrages hydrauliques.

Que l'ouvrage soit 3U, 3 ou 2E, **le diagnostic métal doit pouvoir dégager des conclusions sur la répartition de la corrosion au sein de l'ouvrage et la perte d'épaisseur moyenne d'acier selon le guide du Setra DT412.**

(Le DT412 précise que l'on peut considérer que la résistance mécanique de la buse n'est pas sensiblement affectée si la perte moyenne d'épaisseur n'excède pas environ 10 à 15 % de l'épaisseur initiale de la tôle, que cette résistance mécanique est sérieusement affectée dès lors que cette valeur atteint 25 à 30%, et qu'au-delà l'ouvrage peut être pratiquement en état de ruine, si l'examen visuel le confirme).

PRIORISATION

Selon les ouvrages et les pathologies d'érosions/affouillements localisées aux extrémités des ouvrages :

→ réalisation d'études hydrologiques et hydrauliques complémentaires afin de confirmer que le débit capable des ouvrages est suffisant au regard des débits entrants (caractérisation de l'« influence hydraulique » sur l'intégrité de l'ouvrage pour Q100 et Q exceptionnel).



CONCLUSION

L'application de la méthodologie indique :

- Que la véracité de l'AdR dépend de la qualité des IQOA (maintenir une formation IQOA);
- Que le dossier d'ouvrage est important ;
- Que les contre-visites d'ouvrages sont importantes pour valider les notes IQOA et pour appréhender l'environnement des ouvrages ;

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