

Journée technique Buses métalliques

Exemple d'étude de transparence hydraulique sur l'A75

Frédéric MARTY – DIR Méditerranée

Sommaire

Pourquoi lancer une telle étude ? :

Le rappel du contexte.
La commande DIR MC et le secteur de l'étude.
Le parc d'ouvrages étudié.

Le marché :

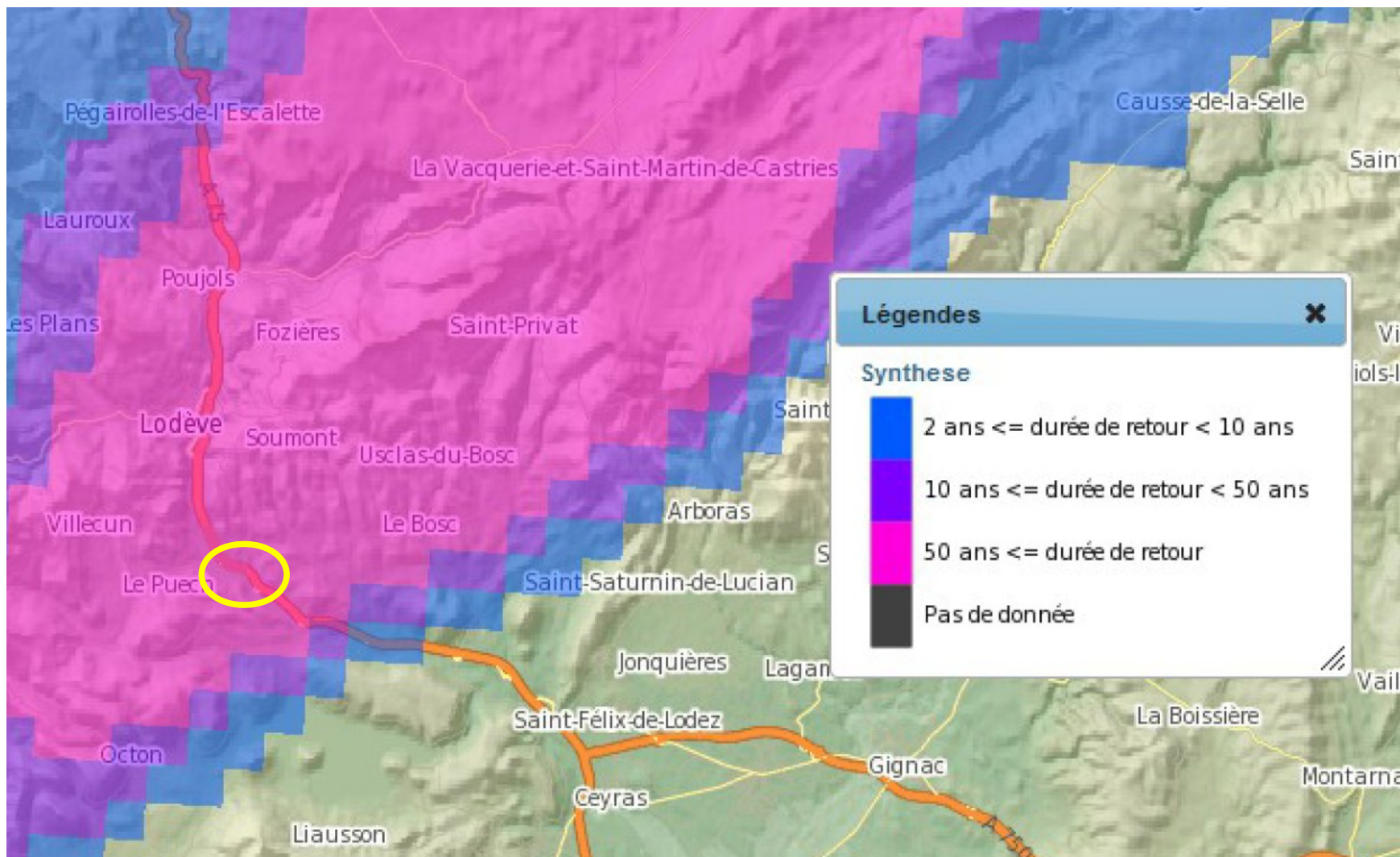
Méthodologie d'approche et marché d'étude.
Déroulement de l'étude.
Résultats.

Conclusion :

Méthodologie de priorisation.
Programmation.

Éléments complémentaires ne faisant pas partie de la présentation : Coûts et délais

Rappel du contexte : L'évènement déclencheur.



Rappel du contexte : La rupture d'une buse métallique au PR273+400



La commande de la MOA :

Réaliser un pré-diagnostic des ouvrages hydrauliques afin d'identifier les entités les plus structurellement pathologiques et/ou de capacité hydraulique insuffisante.

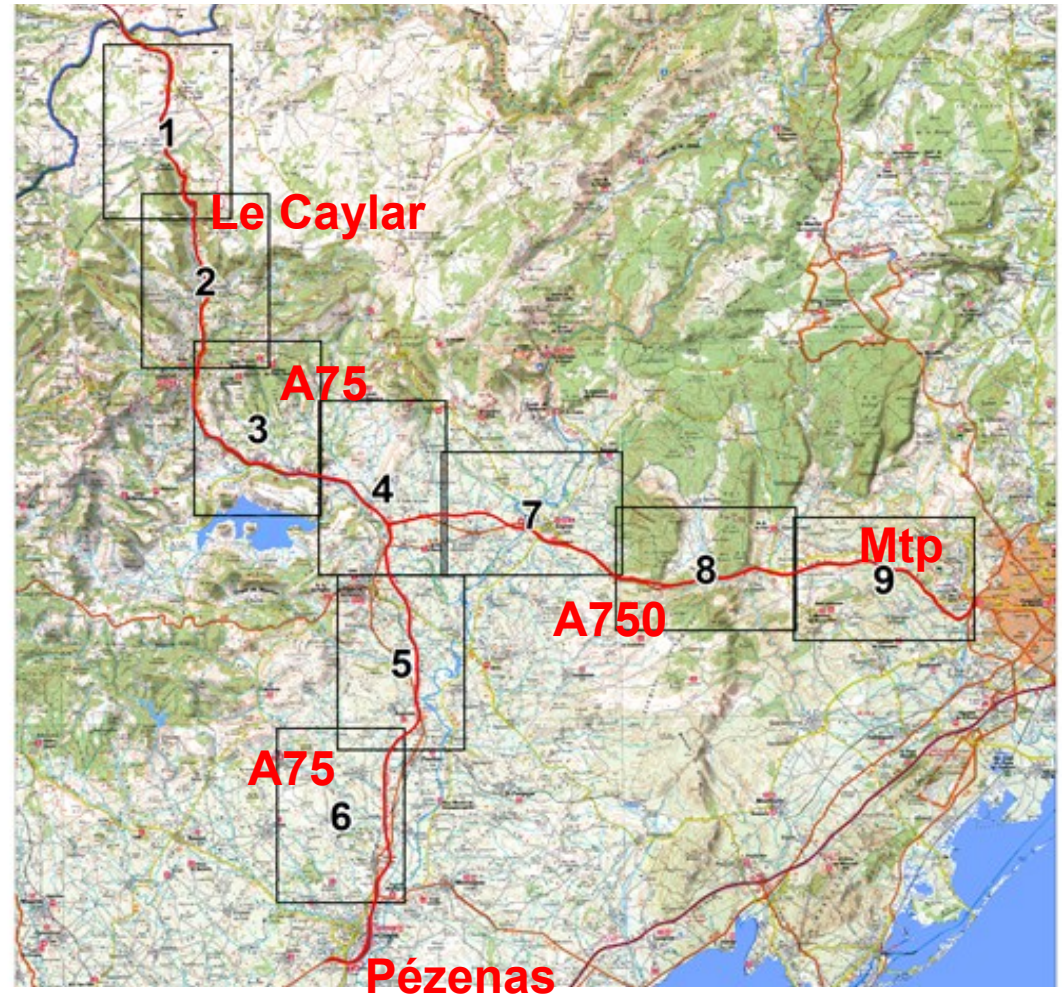
84 km de réseau du District Sud

4 Centre d'Exploitation concernés

Sur l'A75 :
entre le PR258 (Le Caylar)
et le PR308 (Pézenas).

Sur l'A750 :
entre le PR4 (Montpellier) et
l'échangeur n°59 > PR38 (Ceyras).

**Appui DIR MED pour une
Mission d'AMO « étude ».**



Le parc d'ouvrages étudiés :

Majoritairement des buses circulaires, des arches et cadres.

Les matériaux de construction sont : le béton, la maçonnerie et le métal.

Enchaînement d'ouvrages de différents types.



→ Nombre de rétablissements hydrauliques à étudier : 77

→ Nombre d'entités à étudier : 94 «ouvrages»

(79 ouvrages avec une ouverture > 2 m + 15 ouvrages avec une ouverture < 2 m).

Méthodologie d'approche :

Analyse de l'évènement.



Conditions d'origine :

- L'état de santé de l'ouvrage (IQA) ;
- Des matériaux de remblais fins autour de la buse métallique ? ;
- Des enrochements amont non étanches ;
- Un sous-dimensionnement hydraulique ? ;
- Une forte hauteur de remblais ;
- Un colmatage de l'ouvrage.

Des facteurs aggravants :

- La nature géologique des sols (imperméables) ;
- Des ouvrages de capacité et de rugosité différentes ;
- Une pente excessive (vitesse de concentration) ;
- Un phénomène météorologique particulièrement intense ;
- Un évènement météorologique préalable 3 semaines auparavant ;

Le contrôle aval en crue de la rivière La Lergue.

Méthodologie d'approche et marché:

Rédaction d'un marché d'étude de niveau AVP dont les objectifs principaux étaient de donner :

Dans le but d'identifier les ouvrages les plus sensibles :

- une appréciation de l'état structurel des ouvrages du listing ;
- une appréciation du dimensionnement hydraulique des buses ;
- une appréciation de la susceptibilité d'érosion interne.

Dans le but de disposer d'un outil d'aide à la décision en vue de d'une priorisation des actions et l'élaboration d'un programme de réparations :

Créer un SIG capitalisant toutes les données pour le suivi et la gestion ultérieure des ouvrages (entretiens courants et spécialisés).



Déroulement de l'étude :

3 phases distinctes :

Phase n°1 :

Réalisée en BE, suite à l'analyse, le traitement et à l'organisation des données transmises par la MOA.

- Création d'un SIG ;
- Calcul des grandeurs hydrologiques (Q10, Q100, Qexcep, ...)
- Calcul des grandeurs hydrauliques (capacité hydraulique, etc.)
- capitalisation des IQOA

LISTING DES OUVRAGES au 12 sept embv 2017

Entée	Id	Q1	Q2	Commune	Vie	Pr	Pr	Pr	Nom Ouvrage	Châssis	Pr	Pr	Pr	Pr	Pr	Pr	Pr	Type
E1	1	5	0	SAINTE-REMOUE-CHERAS	A75	201-090			Buse									Buse métal
E2	1	6	0	PEYRAN-LESEC	A75	201-100			Buse									Buse métal
E3	1	7	0	PEYRAN-LESEC	A75	201-100			Buse									Buse béton
E4	1	8	0	PEYRAN-LESEC	A75	201-024			Buse									Buse béton
E5	1	17	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E6	1	18	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse métal
E7	1	19	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-160			Buse									Buse métal
E8	1	20	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-160			Buse									Buse béton
E9	1	21	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-714			Buse									Buse béton
E10	1	22	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-714			Buse									Buse métal
E11	1	23	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse métal
E12	1	24	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E13	1	25	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E14	1	26	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E15	1	27	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E16	1	28	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E17	1	29	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E18	1	30	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E19	1	31	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E20	1	32	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E21	1	33	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E22	1	34	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E23	1	35	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E24	1	36	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E25	1	37	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E26	1	38	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E27	1	39	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E28	1	40	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E29	1	41	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E30	1	42	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E31	1	43	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E32	1	44	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton
E33	1	45	0	PEYRAN-LESEC	A75	204-990			Buse									Buse béton

Phase n°2 :

Réalisée sur le terrain.

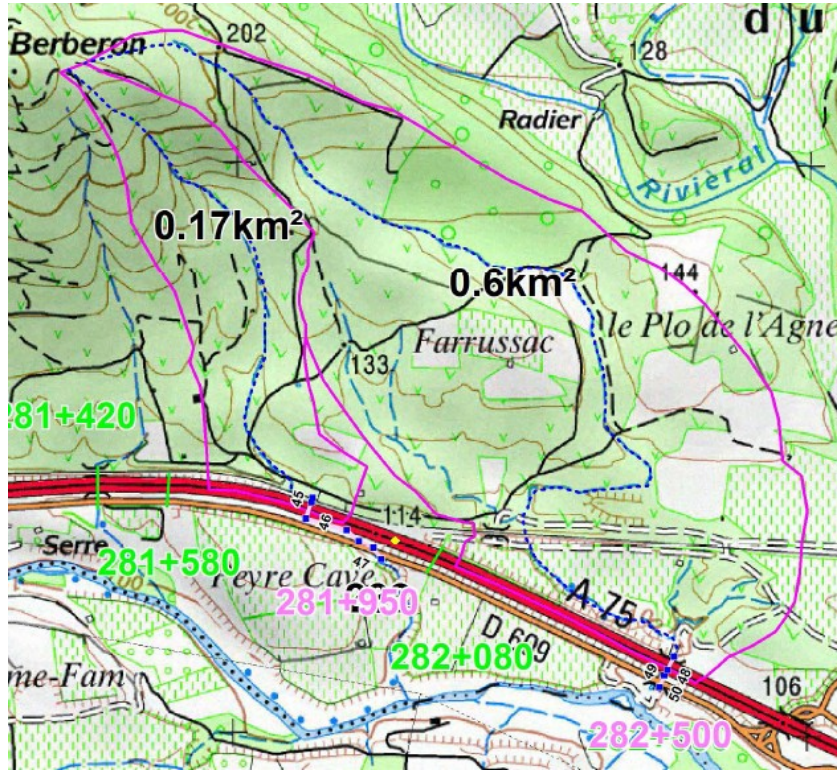
- Visite de terrain des ouvrages ;
- Définition de l'état des buses (structure et hydraulique) ;
- Analyse de risque des buses métalliques > 2 m.

Phase n°3:

Synthèse en BE.

- Rédaction et finalisation des fiches ouvrages (hydraulique et structurelle) ;
- Finalisation du SIG ;
- Rédaction de rapports de synthèse hydraulique et structurel.

Les résultats :



A75 ET A750 - ETUDE DE TRANSPARENCE HYDRAULIQUE

PLAN D'IMPLANTATION DES OUVRAGES ET LEURS BASSINS VERSANTS

Planche 5

Echelle : 1/ 10000

Juin 2018

N° affaire : 016-41094

Légende

- 400 Indication PR en km
- OH > 2m retenu
- 12 : ID de tronçon d'ouvrage
- OH < 2m retenu
- OH non retenu
- 1km² Emprise des bassins versants
- Indication de surface en km²
- Principal axe d'écoulement



A75 - A750 - (Hérault) - ETUDE DE TRANSPARENCE HYDRAULIQUE
FICHE TERRAIN HYDRAULIQUE - MORPHOLOGIQUE

Voie portée : A750 PR : 29+570 Nom : ...

DIRMC CEI : Montaud

CARACTÉRISTIQUES GEOMETRIQUES

Type d'ouvrage	Buse métal	
Diamètre ou Largeur (m)	3,5	Hauteur (m) 2
Longueur (m)	49,5	Sec
Divers - section (description)	2 sections de buse métal différentes. Il s'agit d'un s. parallèle.	

Vue aérienne :

Bassin versant :

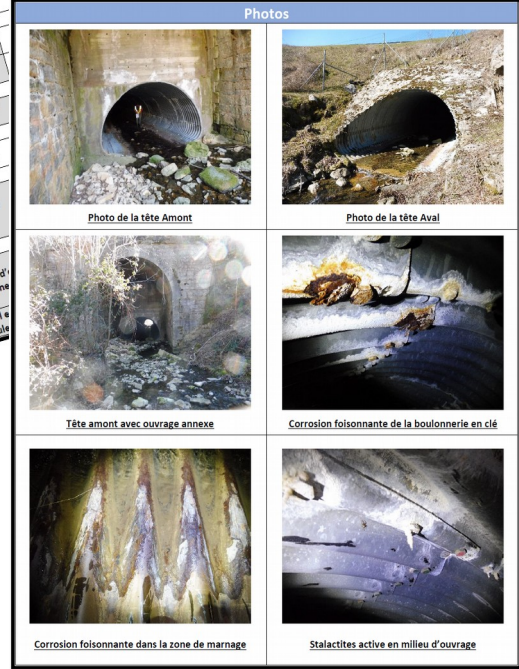
FICHE OUVRAGE HYDRAULIQUE

Données générales

Identification	A75-261+360	Centre d'Entretien et d'intervention (CEI)	Le Caylar
Nom de l'ouvrage	Autoroute A75	Point Kilométrique	261+360
Voie supportée	Buse arche	Matériau constitutif	Métallique
Type d'ouvrage	Non renseigné	Année de mise en œuvre	1993
Constructeur	En arche	Voie franchie	Cours d'eau
Type de section de l'ouvrage hydraulique	Département Hérault (34)	Commune	Saint Félix de l'Héras
Localisation	Latitude 43.832400	Longitude	3.31424
Coordonnées GPS	Date d'attribution		02/2018
Notation IQOA actuelle	3		
Divers	Buse métallique dans le prolongement d'un ouvrage de type voite plein centre maçonné.		

Caractéristiques géométriques

Longueur (m)	62,14	Diamètre de l'ouvrage (m)	2,30
Ouverture (m)	3,90	Hauteur (m)	4,50
Hauteur de remblai (m)	6,80	Epaisseur de couverture (m)	En sifflet
			Pierre maçonné lié



Débit Q10 (m3/s)	Débit Q100 (m3/s)	Q excep = 1.8xQ100 (m3/s)	Qcap max (m3/s)	Qcap actuel 03.2018 (engravé) (m3/s)	BILAN HYDRAULIQUE
30.77	52.82	95.08	224.9	224.9	ok Q100 et Qexcep, vitesse élevée. Coude intérieur à 45° avec fort risque de turbulence interne
30.77	52.82	95.08	35.9	35.9	ok Q10, insuffisant Q100. Vitesse élevée. Coude intérieur à 45° avec fort risque de turbulence interne
14.25	24.44	43.99	29.4	29.4	ok Q10, insuffisant Q100, insuffisant Qexcep, Vitesse élevée
14.25	24.44	43.99	11.8	11.8	Insuffisant dès Q10. Vitesse élevée

ée - Buses Métalliques
120 Aix-en-Provence

Note IQOA	Date IQOA	Appréciation Etat structurel	Appréciation susceptibilité d'érosion interne	Appréciation dimensionnement hydraulique	Analyse de risque (uniquement buse métalliques). Niveau de risque	RG (0 à 12)
3	31/03/2018	non conforme	faible	compatible	Vitesse élevée	11
3	31/03/2018	non conforme	faible	non compatible		11
1	31/03/2018	Conforme	faible	non compatible		8
2	31/03/2018	Conforme	faible	non compatible		8

Les résultats :

Sur 94 ouvrages « pressentis » → 131 ouvrages identifiés (dont **28 buses métalliques**).
Encore de nouveaux ouvrages détectés au moment des visites !

Une définition des rétablissements plus précise, parfois composés de 3 à 5 ouvrages distincts !

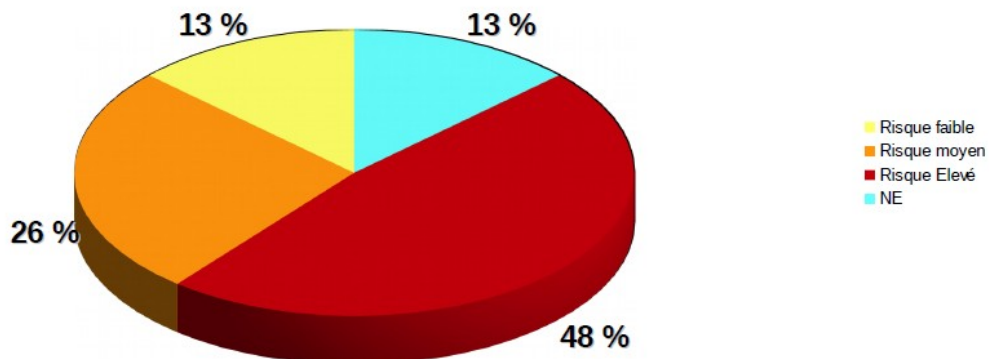
Des ouvrages bien dimensionnés ou non, avec des pathologies (pas de 3U car déjà traités) cependant dont l'état d'engravement représente un problème vis-à-vis de la capacité hydraulique : 39 OH (25 % du parc).



Notes IQOA des buses métalliques					
	1	2	2E	3	3U
NE		1	2		
Risque faible		3			
Risque moyen		6			
Risque Elevé			2	4	5

Répartition des notes IQOA dans l'analyse de risque

Analyse de risque des buses métalliques (23 buses >2m)



Méthodologie de priorisation :

L'étude et analyse du rapport permet de distinguer :

- des ouvrages à « influence hydraulique » qui présentent des capacités insuffisantes dès Q10 (a priori sous-dimensionnés) ou en limite d'insuffisance en Q100 (passables) ;
- des ouvrages à « influence structurelle » (ouvrages pathologiques selon les PV d'IQOA et les inspections de terrain notés 3 selon IQOA) + note 2E (choix volontaire qui va dans le sens de la sécurité en vue de diagnostics complémentaires) ;
- des ouvrages à « influence combinée hydraulique et structurelle ».

Constat :

L'ensemble des ouvrages hydrauliques étudiés ont été déjà largement éprouvés par des événements pluvieux extrêmes d'origine Méditerranéenne depuis leur construction.

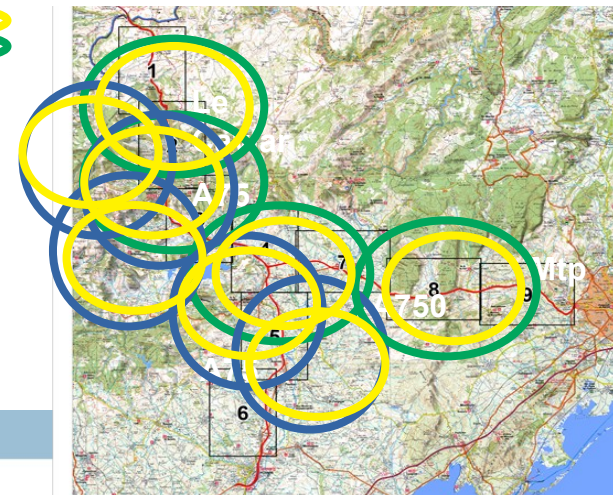
Commune	Commune	Commune
Lodève (+10 km alentours)	Pégairolles de l'Escalette (+10 km alentours)	Clermont l'Herault (+10 km alentours)
>25 événements >100 mm	>25 événements >100 mm	>25 événements >100 mm
>25 événements >200 mm	>25 événements >200 mm	>25 événements >200 mm

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

Commune	Commune	Commune	Commune
Le Caylar (+10 km alentours)	Lodève (+10 km alentours)	Pégairolles de l'Escalette (+10 km alentours)	Clermont l'Herault (+10 km alentours)
Evénements >300 mm	Evénements >300 mm	Evénements >300 mm	Evénements >300 mm
Pluies mesurées le 21/09/1992 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 13/10/2011 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 Cellhes et Rocozels 304 mm	
Pluies mesurées le 20/09/1980 Cellhes et Rocozels 304 mm	Pluies mesurées le 20/09/1980 Cellhes et Rocozels 304 mm		
Nombre total d'événements >300 mm : 7			

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

<http://pluiesextremes.meteo.fr/>

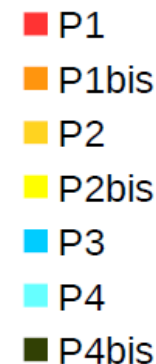
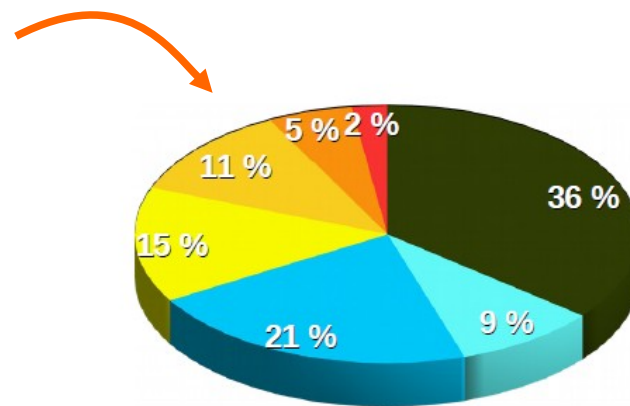


Méthodologie de priorisation :

Priorisation en tenant compte des événements météo :

- Intégration directe des ouvrages pathologiques de note ≥ 3 avec puis en l'absence d'influence hydraulique ;
- Croisement entre sous-capacité hydraulique des ouvrages au regard des débits des bassins versants et des pathologies structurelles fortes identifiées sur ceux-ci (ouvrages $\geq 2E$ et lors des IQOA et de la visite de terrain du BE) ;
- Prise en compte pour le reste des ouvrages de l'absence de pathologies structurelles fortes et sous l'effet de pluies extrêmes déjà subies par les ouvrages.

Classement « Priorités globales »	Influence hydraulique / influence structurelle	Priorité	Nombre d'ouvrages
Priorité 0 : Elle consiste à nettoyer et curer les ouvrages identifier comme engravés. En présence ou absence de pathologies sur ouvrages, ces opérations constituent un préalable sur environ 30 rétablissements hydrauliques identifiés.	Influence hydraulique majeure sur les ouvrages engravés	P0	30
Priorité 1 : Influence hydraulique forte (sous dimensionné pour occurrence fréquente) et influence structurelle forte.	Insuffisant ou limite dès Q10 et note $\geq 2E$	P1	3
Priorité 1 bis : Prise en compte des ouvrages à influence structurelle forte en l'absence d'influence hydraulique forte (sous dimensionné pour occurrence fréquente).	Influence structurelle forte ≥ 3	P1 bis	7
Priorité 2 : Influence hydraulique moyenne (limite de dimensionnement pour occurrence plus rare que P1) et influence structurelle forte.	Insuffisant ou limite à Q100 et note $\geq 2E$	P2	15
Priorité 2bis : Influence hydraulique faible (bien dimensionné pour occurrence plus rare que P1) et influence structurelle forte	Ok Q100 et limite ou OK Qexc et note $\geq 2E$	P2 bis	19
Priorité 3 : Influence hydraulique forte (sous dimensionné pour occurrence fréquente) et sans influence structurelle forte (buses « éprouvées » par les événements pluvieux dans le temps)	Insuffisant ou limite dès Q10 et note $< 2E$	P3	28
Priorité 4 : Influence hydraulique moyenne à faible (limite de dimensionnement pour occurrence plus rare que P1) et sans influence structurelle forte (buses « éprouvées » par les événements pluvieux dans le temps)	Insuffisant ou limite Q100 et note $< 2E$	P4	12
	Ok Q10, OK ou limite Q100 et OK, limite ou insuffisant Qexc et note $< 2E$	P4 bis	47



Programmation des travaux et actions en cours et prévues :

→ Le nettoyage global des ouvrages encombrés, soit un nombre de 30 rétablissements ;



→ Le traitement des ouvrages des priorités principales P1, P1bis, P2 et P2 bis (influence structurelle) ne nécessitant pas de diagnostics : essentiellement travaux aux extrémités ;



Programmation des travaux et actions en cours et prévues :

→ La réalisation de **diagnostics complémentaires** pour l'ensemble des buses métalliques (BM) notés 3 et 2E + autres ouvrages en maçonnerie notés 3 ;



→ La poursuite du traitement des ouvrages diagnostiqués P1, P1bis, P2 et P2 bis (curatif ou préventif suivant les conclusions des diagnostics) ;

→ Le traitement des ouvrages priorités P3 et P4 dont H remblais > 3 m (susceptibilité d'érosion interne à vérifier en l'absence de fortes pathologies aux extrémités) ;

→ Le traitement des ouvrages priorités P3 et P4 : ouvrages présentant une absence de pathologies et ayant subi depuis leur construction des événements Méditerranéens extrêmes (H remblais < 3 m).

Programmation des travaux et actions en cours et prévues :

2019

- Priorité P0 : Traitement des ouvrages n°1 à n°16 en entretien courant (curage) pour un montant de 150 K€ ;
- Priorité P1, P1bis et une partie de P2 : Le traitement des ouvrages n°1 à n°9 en entretien spécialisé pour un montant de 250 K€ ; **OK RÉALISÉ ;**
- Rédaction d'un marché pour le diagnostic complémentaire sur la structure des 12 buses métalliques notés 2E et 3. **OK RÉALISÉ ;**
- Diagnostics complémentaires sur la structure des 12 buses métalliques notés 2E et 3. **OK RÉALISÉ.**

2020

- Priorité P0 : Le traitement des ouvrages n°17 à n°22 en entretien courant (curage) pour un montant de 125 K€ estimé **EN COURS** ;
- Priorité P2 et P2bis : Le traitement des ouvrages n°10 à n°22 en entretien spécialisé pour un montant de 260 K€ estimé **EN COURS** ;
- Travaux sur la structure des buses métalliques selon retour diagnostics **PRÉVU SEMESTRE 2.**

2021

- Priorité P3 à P4bis : Le traitement des ouvrages n°23 à n°75 en entretien spécialisé
- Travaux sur la structure des buses métalliques.

Organisation : collaboration étroite entre 3 services et 2 DIRs

DIR MC / DPEE / POA : MOA, gestion générale des crédits.

DIR MC District sud : Besoins en exploitation et rédaction des bons de commande.

DIR MED : préparation des bons de commande en lien avec l'Entreprise, missions ACT, VISA, DET, et AOR.

Étude de transparence :

→ données coûts

Bureau d'étude retenu :

Hydratec (hydraulique et pilotage de l'affaire) + Diadès (structure / sous traitant)

Coût de l'étude : 80 000€ H.T. soit environ 650€ H.T. / ouvrage étudié (nb:131).

- + à rajouter le coût des éléments topographiques (20 000€ H.T.) ;
- + Besoin d'un agent d'exploitation de liaison pour la phase terrain.

→ Délais global de l'étude (SIR2M + BE) :

Expression du besoin DIR MC → DIR MED : octobre 2015 ;

Formalisation commande : février 2016 (en parallèle reconstruction Mas Alary) ;

Méthodologie + rédaction cahier des charges + choix BE : mars 2016 à mars 2017 ;

Intervention BE de juillet 2017 à juin 2018 : Phase 1 (5 mois) + Phase 2 (3 mois) + Phase 3 (3 mois) .

Outil travaux :

Entretien courant et spécialisé : Marché à bons de commande.

Réparation structurelle des buses métalliques : MAPA spécifique.

Merci de votre attention

Frédéric MARTY
Chef du Bureau d'Études Ouvrage d'Art (mtp)
SIR de Mende Montpellier
DIR MEDITERRANEE

frederic.marty@developpement-durable.gouv.fr