

CONFÉRENCE TECHNIQUE TERRITORIALE

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

Cerema Méditerranée Aix en Provence

MARDI

31
mai
2022

La résilience des OA vis-à-vis des risques naturels

L'ANALYSE DE RISQUE DES PONTS EN SITE AFFOUILLABLE APPLICATION AUX OUVRAGES AUTOROUTIERS DU RÉSEAU VINCI-ASF

Denis Davi

Pôle « Réduction des risques sismiques et hydrauliques appliquée aux Ouvrages d'Art »

Cerema Méditerranée

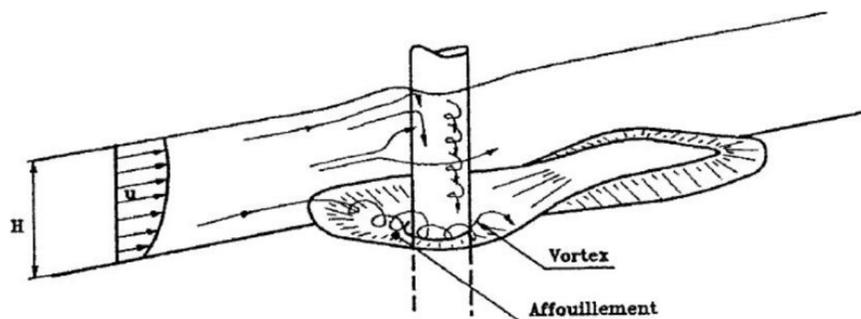
SOMMAIRE

- Éléments de contexte et objectifs de l'étude
- Démarche adoptée
- Organisation du travail et structuration de l'étude
- Synthèse des principaux résultats
- Conclusions et suites à donner

ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Définition du phénomène d'affouillement :

Creusement du lit des cours d'eau sous l'effet de l'action hydrodynamique du courant, particulièrement marqué autour des obstacles (appuis de ponts) du fait de l'augmentation locale des vitesses d'écoulement et de la formation de tourbillons.



Phénomène identifié comme « le risque le plus important lié aux incidences du changement climatique sur les structures de ponts... » (Association Mondiale de la Route, 2011)

ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Des conséquences potentiellement très dommageables sur la stabilité des ponts et la continuité des infrastructures de transports



Effondrement du pont sur la rivière St-Etienne à la Réunion, cyclone Gamède, 2007
(source : Cerema)



Effondrement d'une berge du pont sur le Batailler au Lavandou, inondations du Var, 2014
(source : CD 83)



Tempête Alex Alpes-Maritimes
octobre 2020
(Source : Cerema)



OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Réalisation d'une analyse de risque affouillement sur les 252 ponts du réseau ASF franchissant des cours d'eau

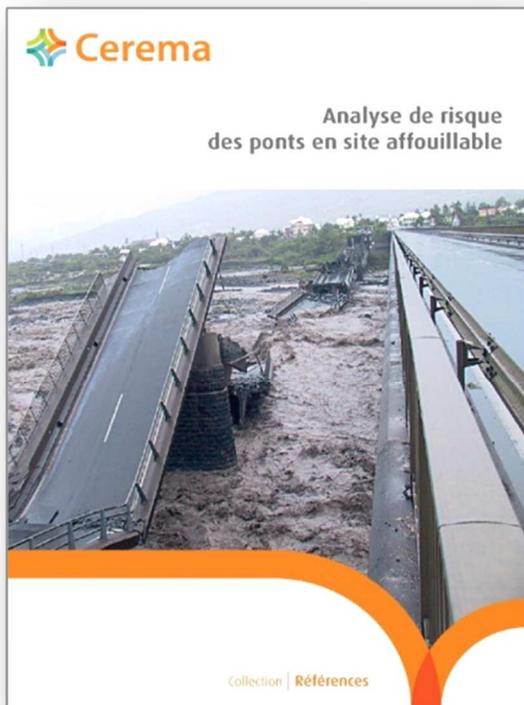


FINALITÉ :

1^{er} tri préalable avant d'enclencher des investigations ou diagnostics plus poussés sur les ouvrages identifiés comme les plus critiques
et d'initier des mesures adaptées de traitement du risque (*surveillance spécifique, travaux de protection ou de renforcement des fondations...*)

DÉMARCHE ADOPTÉE

- Celle du guide Cerema « Analyse de risque des ponts en site affouillable » publié en 2019
- Légèrement adaptée pour intégrer certaines spécificités des ouvrages autoroutiers du réseau Vinci-ASF :



- Ponts plutôt récents et dossiers d'ouvrages généralement bien renseignés (*géométrie et nature des fondations notamment*)
- Enjeux élevés à très élevés pour quasiment tous les ouvrages (*critère peu discriminant*)

➔ Adaptations retenues :

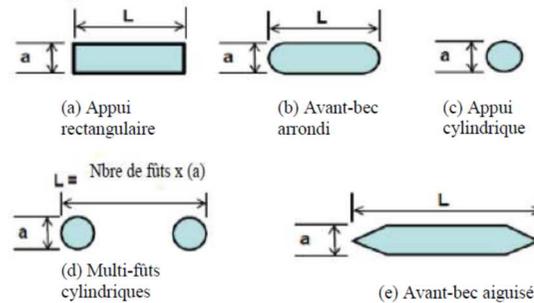
- Passage directement en phase 2 de la démarche (*Analyse simplifiée semi-quantitative*)
- Modification des matrices de croisement visant à augmenter le poids relatif de la criticité (*aléa x vulnérabilité*) et à réduire proportionnellement celui des enjeux

Sans modifier des indices eux-mêmes => possibilité d'exploiter les résultats bruts dans le cadre d'une analyse territoriale plus large (multi-gestionnaires) à la demande de la puissance publique (Préfectures)

DÉMARCHE ADOPTÉE

- Critères d'évaluation
 - Aléa

- Conditions d'écoulement (vitesse d'écoulement, hauteur de crue...)
- Nature du fond de lit (granulométrie...)
- Effet de contraction locale du lit
- Dimensions et forme des piles
- Mobilité du fond de lit...



Exemple d'ouvrage sur fond rocheux (photo: DIR Atlantique)



Ouvrage fluvial au débouché hydraulique sous dimensionné (photo: LR de Blois)



Exemple de banc d'alluvions à nu indiquant un lit mobile (photo: LR de Blois)

- Estimation des profondeurs d'affouillement à partir d'équations simplifiées issues de la littérature scientifique et de données quantifiées :

$$P_1 = 0,73 \cdot q^{2/3} / d^{1/6} - y \quad (\text{Formule de Ramette})$$

$$y_2/y_1 = (Q_2/Q_1)^{0,7} \cdot (W_1/W_2)^{k_1} \quad \text{et} \quad P_2 = y_2 - y_0 \quad (\text{Formule de Laursen})$$

$$P_3 = 2 K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot a^{0,65} \cdot y^{0,35} \cdot Fr^{0,43} \quad (\text{Formule de l'Univ. Colorado})$$

- Évaluation des vitesses d'écoulement pour différentes configurations ou pentes de cours d'eau

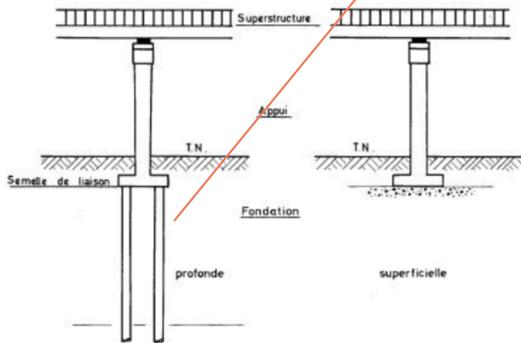
DÉMARCHE ADOPTÉE

- Critères d'évaluation
 - Vulnérabilité

- Période de construction ($_ < 1950 - 1975 < _$)
- Type de fondations (semelle, pieux en béton armé, pieux en bois...)
- Observation récente d'absence de phénomène d'affouillement ?
- Géométrie et état des appuis
- « Souplesse » de la structure...

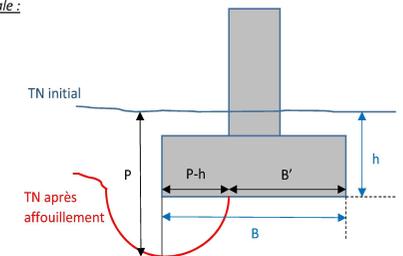


Visite subaquatique

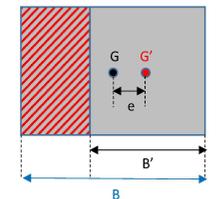


- Type de fondations :
 - Profondes $V12 = 1$
 - Semi-profondes (yc pieux bois non dégarnis et semelles sur gros béton) $V12 = 2$
 - Superficielle à large embase ($e \leq B'/6$) $V12 = 3$
 - Superficielle à embase moyenne ($B'/6 < e \leq B'/3$) $V12 = 5$
 - Superficielle à embase étroite ($e > B'/3$) $V12 = 10$
 - Micropieux ou pieux bois dégarnis $V12 = 10$
- Surveillance :
 - Visite récente (inspection ≤ 6 ans) => pas d'affouillement observé $V13 = 0$
 - Visite récente (inspection ≤ 6 ans) => initiation d'affouillement observée* $V13 = 2$
 - Fondations non inspectées depuis 7 à 10 ans $V13 = 2$
 - Fondations non inspectées depuis plus de 10 ans $V13 = 4$
- Etat des appuis (y compris éléments de protection éventuels) :
 - 1 ou 2 ou 2E $V23 = 0$
 - 3 ou 3U ou NE $V23 = 1$
- Sensibilité du tablier à la flexion :
 - Travées isostatiques $V32 = 0$
 - Travées hyperstatique structure mixte $V32 = 0,5$
 - Travées hyperstatique structure béton $V32 = 1$

Vue latérale :



Vue de dessus :



DÉMARCHE ADOPTÉE

- Critères d'évaluation
 - Enjeux ou conséquences

Facteurs représentatifs des enjeux (adaptés légèrement à la problématique affouillements et crise inondation)	Critères	Cotation
Importance de la voie portée (A) Fonction du caractère plus ou moins stratégique de l'itinéraire, des conséquences d'un effondrement sur le cours d'eau franchi et du rôle de l'ouvrage en cas de crise inondation	Cas général	0,5
	Stratégique	1
	Très stratégique	2
	Conséquences moyennes sur voie franchie	(+1)
	Conséquences élevées sur voie franchie	(+2)
	Ouvrage portant des réseaux essentiels en situation de crise ou desservant une zone urbanisée sensible exposée au risque inondation	(+2)
Niveau de trafic (B) Conséquences socio-économiques fonction du trafic total sur la voie portée (intègre également indirectement le risque de victimes directes sur l'ouvrage en cas d'effondrement)	< 1 000 v/j	1
	entre 1 000 v/j et 15 000 v/j	1,5
	entre 15 000 v/j et 50 000 v/j	2
	> 50 000 v/j	2,5
Valeur patrimoniale de l'ouvrage, (C) fonction notamment de la surface tablier et de la valeur historique de l'ouvrage	S < 100 m ²	0,5
	100 ≤ S < 500 m ²	1
	500 ≤ S < 1000 m ²	1,5
	1000 ≤ S < 2000 m ²	2
	2000 m ² ≤ S	2,5
	ou valeur patrimoniale historique reconnue	

Conséquences sur le niveau de service (D) Facilité de mise en place d'une déviation ayant la capacité d'absorber le report de trafic, y compris pont de secours en situation de crise	Déviaton facile (Pont attenant ou proche)	0
	Déviaton difficile (Déviation longue)	1,5
	Déviaton impossible (Aucun pont à proximité)	3
	Brèche > 40 m ou site contraint rendant impossible toute installation de pont de secours	(+2)
Potentielles victimes directes associées à l'effondrement de l'ouvrage (E) Selon présence ou non de barrière physique prévue en cas de crue, et inspection systématique ou non suite à chaque épisode	Barrière physique prévue interdisant l'accès à l'ouvrage en cas de crue	0
	Cas général	2
	Ouvrage présumé vulnérable et n'ayant fait l'objet d'aucune inspection spécifique de ses fondations suite au dernier phénomène de crue important subi	4

Niveau de conséquences	
Très Faible	0 ≤ ISE < 4
Faible	4 ≤ ISE < 8
Moyen	8 ≤ ISE < 12
Elevé	12 ≤ ISE < 16
Très élevé	16 ≤ ISE ≤ 20

L'analyse de risque des ponts en site affouillable, application aux ouvrages autoroutiers du réseau Vinci-ASF

DÉMARCHE ADOPTÉE

- Calcul des indices de **criticité** et des indices de **risque**

Niveau d'aléa - étape 2	
Très Faible	$P < 1$ m
Faible	$1 \leq P < 3$ m
Moyen	$3 \leq P < 6$ m
Elevé	$6 \leq P < 12$ m
Très élevé	$P \geq 12$ m

Niveau de vulnérabilité - étape 2	
Très Faible	$V \leq 4$
Faible	$4 < V \leq 8$
Moyen	$8 < V \leq 12$
Elevé	$12 < V \leq 16$
Très élevé	$V > 16$

Niveau de conséquences	
Très Faible	$0 \leq ISE < 4$
Faible	$4 \leq ISE < 8$
Moyen	$8 \leq ISE < 12$
Elevé	$12 \leq ISE < 16$
Très élevé	$16 \leq ISE \leq 20$

Danger/criticité		Vulnérabilité				
		Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Aléa	Très faible	Très faible	Très faible	Faible	Faible	Faible
	Faible	Très faible	Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
	Moyen	Faible	Faible	Moyenne	Elevée	Elevée
	Elevé	Faible	Moyenne	Elevée	Elevée	Très élevée
	Très élevé	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée	Très élevée

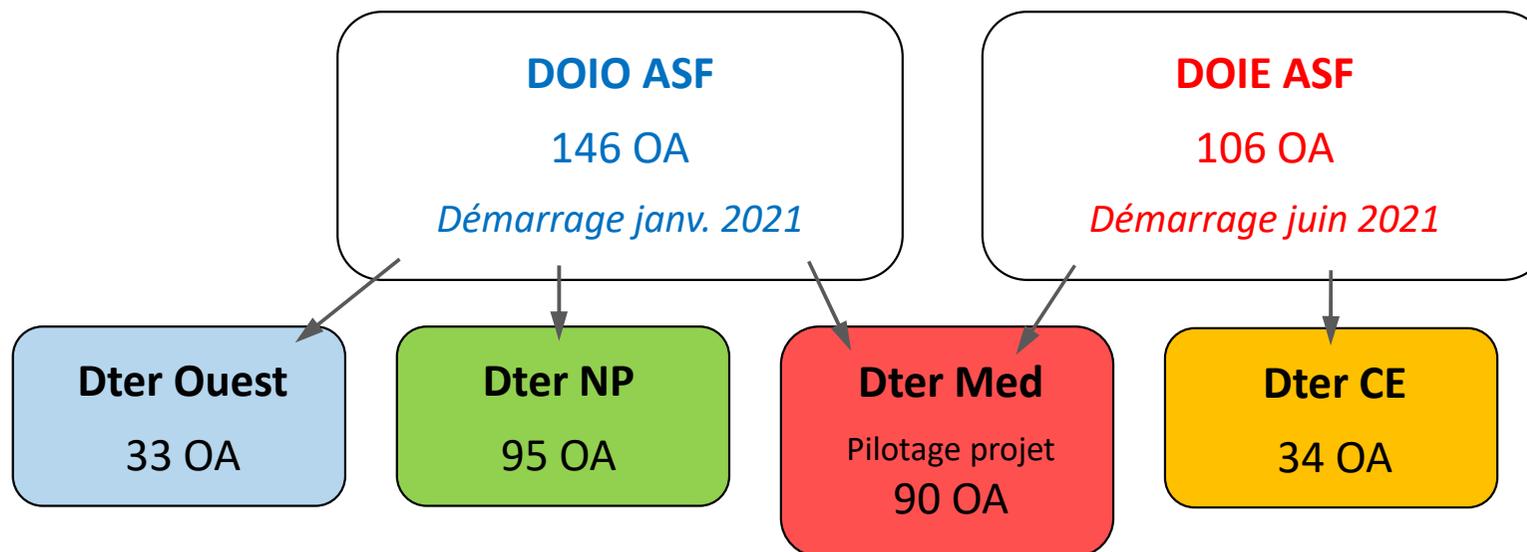
Risque	Criticité très faible	Criticité faible	Criticité moyenne	Criticité élevée	Criticité très élevée
Conséquences très faibles	Ouvrages exclus à l'issue de la 1 ^{re} phase				
Conséquences faibles	Risque faible	Risque faible	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen
Conséquences moyennes	Risque faible	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen	Risque élevé
Conséquences élevées	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen	Risque élevé	Risque élevé
Conséquences très élevées	Risque moyen	Risque moyen	Risque élevé	Risque élevé	Risque élevé

Cases modifiées en **Très faible** dans le cadre de l'application ASF

Cases modifiées en **Risque faible** dans le cadre de l'application ASF

Case modifiée en **Risque élevé** dans le cadre de l'application ASF

ORGANISATION DU TRAVAIL ET STRUCTURATION DE L'ÉTUDE



Travail en mode projet

- 4 directions territoriales du Cerema associées à l'étude
- Répartition des ouvrages par zones d'actions
- Séminaire d'appropriation de la méthode en début de projet
- Fichier « FAQ » actualisé au fil de l'étude

Nécessité de garantir une cohérence dans :

- l'interprétation des données
- la saisie des hypothèses d'analyse

ORGANISATION DU TRAVAIL ET STRUCTURATION DE L'ÉTUDE

Rapport d'étude

- Rappel des objectifs et description de la démarche méthodologique
- Synthèse « statistique » des résultats
- Identification des typologies d'ouvrages les plus sensibles
- Suites à donner (orientations générales en vue des diagnostics détaillés)

Annexes

- Tableau de synthèse des résultats
- Fichier « FAQ » précisant certaines hypothèses de saisies adoptées
- Fiches d'analyses individualisées pour chaque ouvrage

STRUCTURATION DU LIVRABLE

- Fiches d'analyses individualisées des ouvrages

- Onglets « Aléa », « Vulnérabilité » et « enjeux »

Dissociation de niveau de fiabilité des données par code couleur :

Exemple :

Données fiabilisées

Données renseignées par défaut

Guide « Analyse de risque des ponts en site »			
1	Nom de l'ouvrage : A9 /069.241/1		
2	Grilles d'analyse "Aléa" - Approche semi-quantitative (phase 2)		
3	1. Conditions d'écoulement		
4	V_{max} =	5,09 m/s (valeur moyenne sur la "tranche" d'eau considérée)	
5	à défaut :	p =	% => V_{max} = m/s
6	à défaut :	catégorie = Riv. torrentielle	=> V_{max} = 6,0 m/s
7			=> V_{max} = 5,09 m/s
8	2. Nature du fond du lit		
9	Hauteur d'eau moyenne (en situation de crue) en amont du pont :		
10	y =	4,40 m	
11	Diamètre de grain médian des matériaux constitutifs du lit (1 ^{ers} mètres) :		
12	D_{50} =	mm	
13	à défaut :	nature sol = Sols cohérents (limons, argiles...)	=> D_{50} = 2 mm
14			=> V_c = 1,0 m/s
15			=> P_1 = 11,9 m
16	3. Effet de contraction du lit		
17	Largeur du fond du lit en amont du pont :		
18	W_1 =	60,3 m	
19	Largeur du fond du lit dans la section contractée moins les largeurs des piles :		
20	W_2 =	45,5 m	
21			=> P_2 = 0,9 m

Guide « Analyse de risque des ponts en site affouillable »			
1	Nom de l'ouvrage : A9 /069.241/1		
2	Grilles d'analyse "Vulnérabilité" - Approche simplifiée (phase 2)		
3	1. Vulnérabilité des fondations		
4	Présence de piles ou culées en saillie : Oui		
5	Période de construction (ouvrage, ou appuis si plus anciens) :		
6		1951-1975	
7		Après 1976	-1
8		1951-1975	3
9		Avant 1950	5
10			=> V_{11} = 3
11	Type de fondations : Profondes		
12	Dans le cas d'une fondation superficielle sur fond de lit :		
13	- Largeur dans la direction concernée par l'affouillement :	B (m) =	
14	- Profondeur d'ancrage (côte sous-face depuis le fond du lit) :	h (m) =	
15		e = m	
16		=> B/6 = m	
17		=> B/3 = m	
18	Type de fondations :		
19	Profondes	1	X
20	Semi-profondes (yc pieux bois non dégarnis et semelle sur gros béton)	3,5	
21	Semelle superficielle large (e ≤ B/6)	4	
22	Semelle superficielle de largeur intermédiaire (B/6 < e ≤ B/3)	6	
23	Semelle superficielle de faible largeur (e > B/3)	10	
24	Micropieux ou pieux bois dégarnis	10	
25			=> V_{12} = 1
26	Surveillance : Fondations non inspectées depuis plus de 10 ans		
27	Surveillance :		
28	Visite <= 6 ans => pas d'affouillement observé	0	
29	Visite <= 6 ans => initiation d'affouillement observée*	2	
30	Fondations non inspectées depuis 7 à 10 ans	2	

Guide « Analyse de risque des ponts en site affouillable »			
Grilles d'analyse "Enjeux - Risque"			
1	Facteurs représentatifs des enjeux (selon le règlement de la problématique affouillement et cote fondations)		
2	Facteur	Critères	Cotation
3	A) Importance de la voie portée	- Cas global	0,5
4		- Stratégique	1
5		- Très stratégique	2
6		Conséquences moyennes sur voie franchie	(+/-)
7		Conséquences élevées sur voie franchie	(+/-)
8		Conséquences graves sur voie franchie	(+/-)
9		Conséquences catastrophiques sur voie franchie	(+/-)
10	B) Niveau de trafic	- 1 000 v/j	1
11		- entre 1 000 v/j et 15 000 v/j	1,5
12		- entre 15 000 v/j et 50 000 v/j	2
13		- > 50 000 v/j	2,5
14	C) Valeur patrimoniale de l'ouvrage	- 1 - 1000 m²	0,5
15		- 100 - 1 000 m²	1
16		- 1000 - 15 000 m²	1,5
17		- 15 000 - 50 000 m²	2
18		- > 50 000 m²	2,5
19	D) Conséquences sur le niveau de service	Dégradation difficile (dégradation longue)	0
20		Dégradation difficile (dégradation moyenne)	1,5
21		Dégradation moyenne (dégradation courte)	3
22		Dégradation grave (dégradation très courte)	(+/-)
23	E) Pertinence des enjeux directement associés à l'affouillement de l'ouvrage	Banque physique présente et/ou affectée à l'ouvrage	0
24		Site global	2
25		Dégradation patrimoniale et/ou affectée à l'ouvrage	4
26		Conséquences graves sur voie franchie	(+/-)
27		Conséquences catastrophiques sur voie franchie	(+/-)
28		Conséquences graves sur voie franchie	(+/-)
29		Conséquences catastrophiques sur voie franchie	(+/-)
30		Conséquences graves sur voie franchie	(+/-)
31		Conséquences catastrophiques sur voie franchie	(+/-)
32		Conséquences graves sur voie franchie	(+/-)
33		Conséquences catastrophiques sur voie franchie	(+/-)
34		Conséquences graves sur voie franchie	(+/-)
35		Conséquences catastrophiques sur voie franchie	(+/-)

Niveau de conséquences	
Très Faible	0 ≤ ISE < 4
Faible	4 ≤ ISE < 8
Moyen	8 ≤ ISE < 12
Élevé	12 ≤ ISE < 16
Très élevé	16 ≤ ISE < 20

ORGANISATION DU TRAVAIL ET STRUCTURATION DE L'ÉTUDE

- Tableau de synthèse des résultats
 - Cotations issues de l'analyse systématique
 - Niveau de qualité/fiabilité des données/hypothèses

risque d'affouillement		Niveaux d'indices (présomptions issues des résultats de l'analyse de risque)					Niveaux de qualité des données			
Nom de l'ouvrage	Numéro	Aléa	Vulnérabilité	Criticité	Enjeu	Risque	Structure	Hydro.	Sol	Enjeux (déviations..)
Rivière de l'Orbieu.	3574	Moyen	Très faible	Très faible	Moyen	Faible	Moyen	Faible	Faible	Faible
Ruisseau l'Aussou.	3648	Moyen	Très faible	Très faible	Moyen	Faible	Moyen	Faible	Bon	Faible
Ruisseau Le Libron.	1557	Très élevé	Moyen	Elevé	Elevé	Elevé	Moyen	Moyen	Bon	Moyen
Ruisseau d'Ariege	1626	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible
Rivière l'Orb.	1640	Moyen	Elevé	Elevé	Très élevé	Elevé	Moyen	Faible	Bon	Moyen
Rivière L'Aude.	1755	Très élevé	Très faible	Faible	Elevé	Faible	Bon	Faible	Bon	Moyen

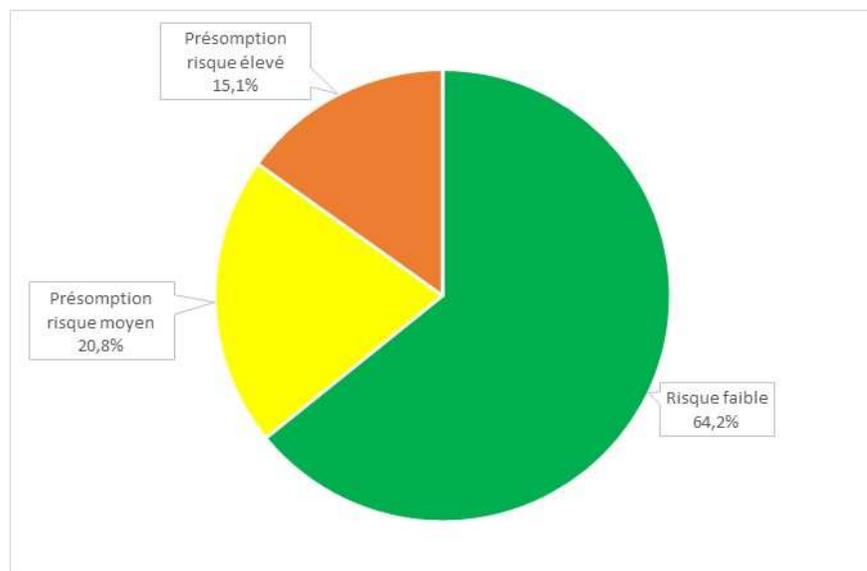
ORGANISATION DU TRAVAIL ET STRUCTURATION DE L'ÉTUDE

- Tableau de synthèse des résultats
 - Éléments d'analyse complémentaires

Numéro	Type de fondations	Profondeur d'ancrage (m)	Evaluations		Evolution du lit	Affouillement détecté	Commentaires / recommandations
			Profondeur affouillement (m)	Marge (m)			
1640	Pieux "flottants"	15,00	10,50	4,50	Lit connu pour être stable	Non	codification EXE OA7. Ligne HT sur corniche. Dernière inspection subaquatique + diag recommandés
1755	Pieux ancrés au substratum	22,00	19,00	3,00	Lit connu pour être stable	Non	codification EXE OA24. Dernière inspection subaquatique
2064	Pieux ancrés au substratum	15,00	10,10	4,90	Lit connu pour être stable	Non	Dernière inspection en 2017
2121	Pieux ancrés au substratum	5,40	4,90	0,50	Lit connu pour être stable	Non	Si possible, compléter le dossier d'archives avec les des fondations profondes sur pieux)
2187	Semelles sur sol meuble	1,70	6,00	-4,30	Lit connu pour être stable	Non	Très peu de données d'entrée. Pas de nécessité d'in
2425	Pieux ancrés au substratum	12,30	3,76	8,54	Lit connu pour être stable	Non	Surveillance normale à poursuivre

SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS

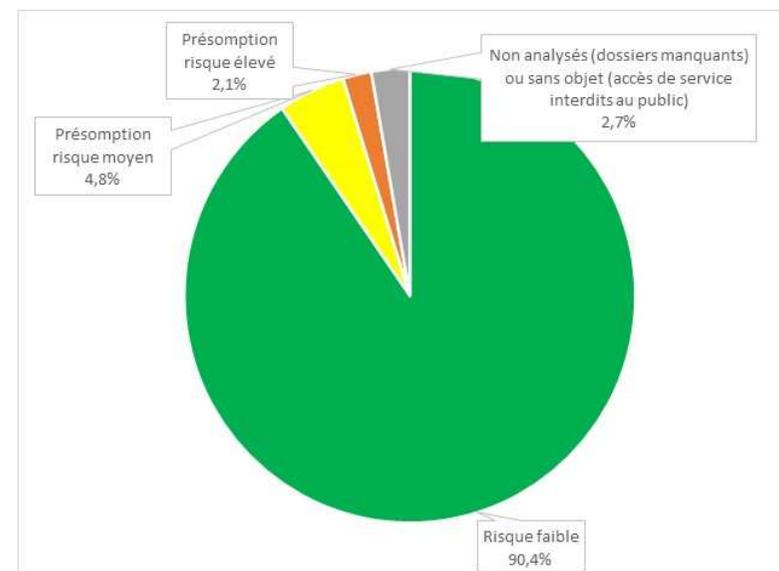
- Répartitions globales
DOIE (106 ouvrages)



Ouvrages les plus à risque essentiellement sur sections A9 et partie Sud A7 (districts de Narbonne, Rivesaltes, Sète, Gallargues, Orange, Salon, Chanas...)

- Constructions antérieures à 1976 (1951 pour le pont le + ancien)
- Franchissement de rivières méditerranéennes, caractérisées par des régimes de crues très soudaines et extrêmement violentes
- Axes très stratégiques (trafic très dense, axes touristiques et de transit international majeurs)

- DOIO (146 ouvrages)



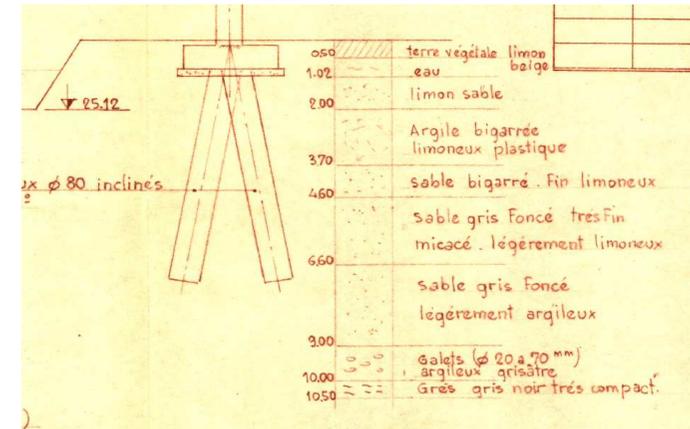
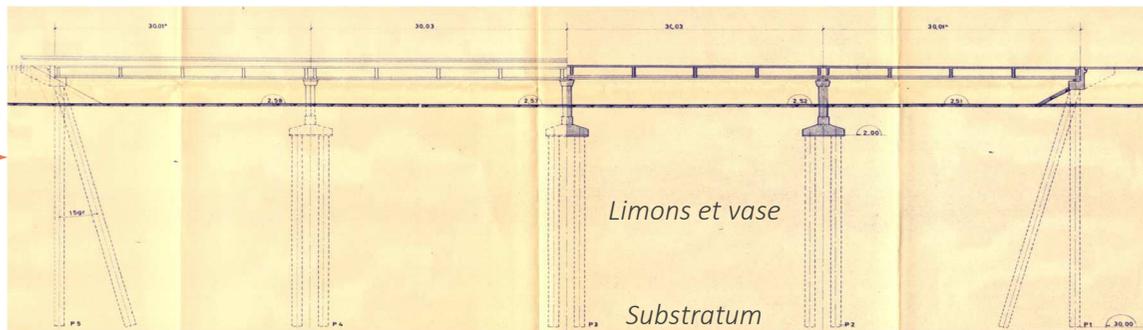
Ouvrages les plus à risque essentiellement situés dans le Sud-Ouest (départements de Haute-Garonne, Pyrénées-Atlantiques, Gironde, Tarn-et-Garonne, Lot-et-Garonne...)

- Autoroutes A10, A20, A62, A64, A68
- Franchissement de rivières ou fleuves caractérisés par certains épisodes violents de crues et/ou inondations
- Certaines constructions antérieures à 1976

SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS

- Typologies d'ouvrages les plus à risque et orientations en vue des diagnostics détaillés

- Ouvrages fondés sur pieux ancrés au substratum, mais avec présence d'un sol très affouillable sur une grande hauteur
 - ➔ **Recommandation** : diagnostic détaillé de la structure permettant de définir un seuil d'alerte de profondeur de creusement des fosses vis-à-vis de critères de flexion/cisaillement limites des pieux
- Ouvrages fondés sur pieux « flottants » (ancrés dans des sols meubles)
 - ➔ **Recommandation** : diagnostic détaillé de la structure permettant de définir un seuil d'alerte de profondeur de creusement des fosses vis-à-vis de critères de flexion/cisaillement limites des pieux et de portance



SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS

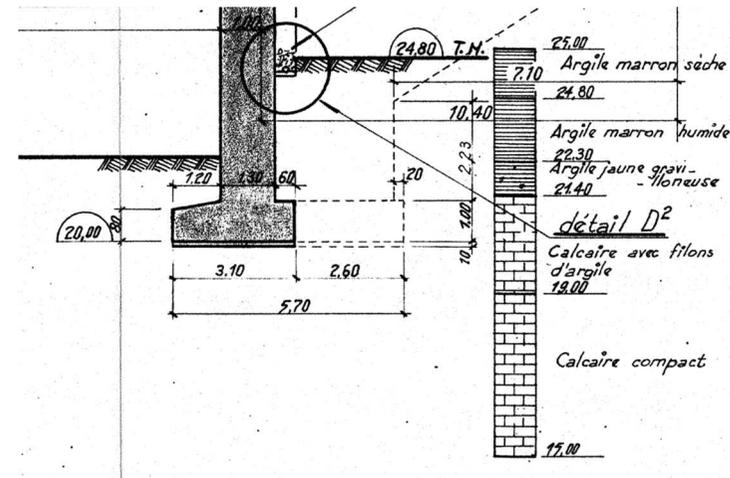
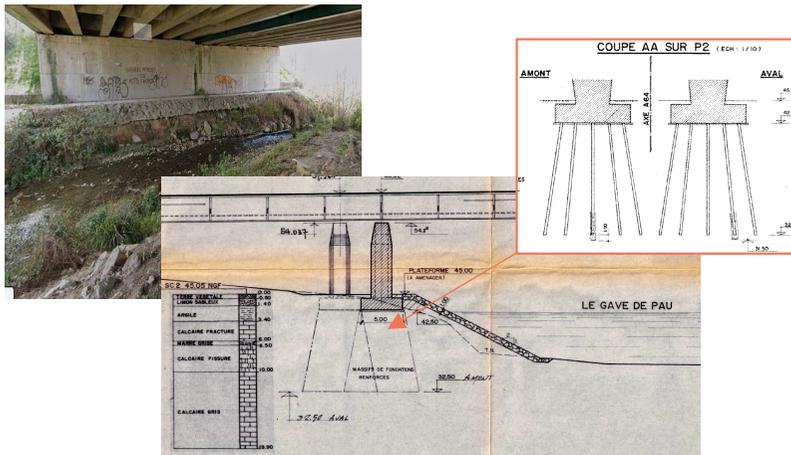
- Typologies d'ouvrages les plus à risque et orientations en vue des diagnostics détaillés

- Ouvrages fondés sur semelles sur sol meuble ou sur micropieux

➔ **Recommandation** : étude visant à définir ou confirmer, sur la base d'une analyse hydraulique, la solution de traitement du risque la mieux adaptée (enrochements, protections autour des semelles, pavage du lit...)

- Ouvrages fondés sur semelles reposant sur un substratum érodable ou très fracturé, si celui-ci peut-être mis à nu par l'affouillement

Recommandation : selon le caractère plus ou moins érodable du substratum (roches tendres ou altérées : schistes, marnes, craies, calcaires, argiles compactes...), surveillance régulière de l'évolution du phénomène d'érosion et définition le cas échéant de la solution de traitement la mieux adaptée (bétonnage des cavités, consolidation des massifs fracturés...)



CONCLUSIONS ET SUITES À DONNER

- Sur 252 ponts du réseau ASF franchissant des cours d'eau :
 - 19 ressortent en présomption de **risque élevé**
 - 29 ressortent en présomption de **risque moyen**
 - 202 ressortent en présomption de **risque faible**
- Les sections les plus à risque concernent l'A9 et le Sud de l'A7 (DOIE) et les départements du Sud-Ouest (DOIO)
(Franchissement de rivières soumises à des crues violentes)

Ces résultats (évaluation des présomptions de niveaux de risque) ne constituent qu'un premier filtre préalable visant uniquement à identifier les ouvrages pour lesquels des investigations ou des études de diagnostic plus approfondies sont recommandées.

Ce n'est qu'à l'issue de ces analyses plus poussées que seront définies le cas échéant des mesures spécifiques de traitement du risque (surveillance spécifique, travaux de renforcement des fondations) sur les ouvrages pour lesquels la présomption de risque se trouve confirmée.

CONCLUSIONS ET SUITES À DONNER

- Recommandations formulées à l'issue de l'analyse de risque :
 - Mener des investigations complémentaires visant fiabiliser certaines données et hypothèses relatives aux ouvrages en présomption de risque élevé ou moyen
 - Réaliser une étude de diagnostic détaillé vis-à-vis du risque affouillement (*étude hydraulique d'affouillement + recalcul de structure*) des ouvrages à présomption de risque élevé puis de ceux à présomption de risque moyen (*travail de rédaction de clauses types de CCTP en cours en lien avec la Direction Technique de l'Infrastructure d'ASF*)
 - En cas d'initiation d'un phénomène d'affouillement autour des appuis (*y compris pour les ouvrages en présomption de risque faible*) :
 - Surveiller l'évolution du phénomène et des éventuels désordres sur la structure (*notamment après les épisodes de crue intense*)
 - Adopter les préconisations formulées en fonction du type de fondations

Merci de votre attention

Denis Davi

**Pôle « Réduction des risques sismiques et hydrauliques
appliquée aux Ouvrages d'Art »**

Cerema Méditerranée

denis.davi@cerema.fr