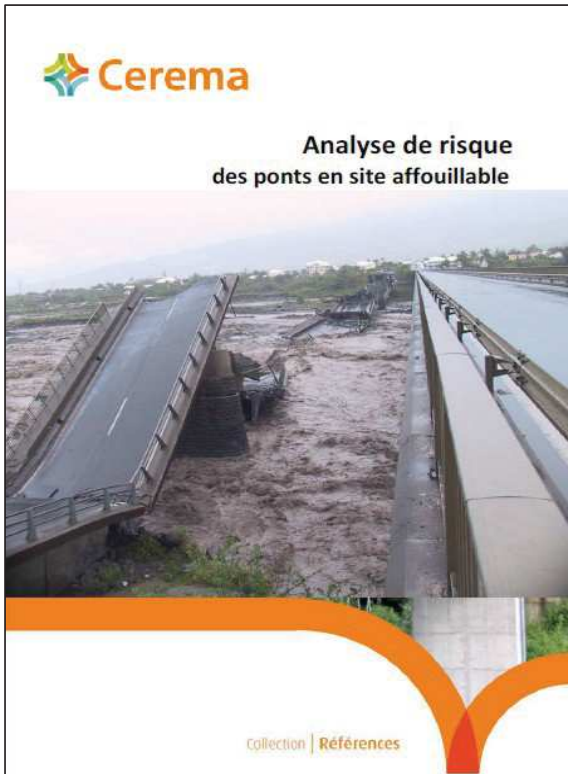


Rencontres Ouvrages d'Art 2018



Guide Cerema pour
l'Analyse de risque
des ponts en site
affouillable

Davi D., **Llop L.**

Plan de l'exposé

- Objectifs et sommaire du guide
- Présentation générale de la démarche proposée
- Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape
- Tests de validation et 1^{ères} applications opérationnelles

Plan de l'exposé

- Objectifs et sommaire du guide
- Présentation générale de la démarche proposée
- Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape
- Tests de validation et 1^{ères} applications opérationnelles

Objectifs et sommaire du guide

- Finalité
- Décliner la démarche générale d'analyse de risque des ouvrages du Cerema au cas particulier des ouvrages en site affouillable
- Proposer une méthode pragmatique et efficace de recensement et de traitement des ouvrages les plus sensibles et exposés, en répondant à la double exigence :
 - De permettre d'analyser un patrimoine important d'ouvrages à partir d'un nombre réduit de paramètres facilement accessibles pour les gestionnaires (*applicabilité*)
 - De garantir une représentativité suffisante de phénomènes considérés (*pertinence scientifique*)

Objectifs et sommaire du guide

- Finalité

Ces deux exigences « antinomiques » sont traitées par le biais d'une démarche par étapes successives...

...basées sur un raffinement progressif de l'analyse de risque

Objectifs et sommaire du guide

- **Contributeurs**

Groupe de rédaction :

Dominique BATISTA (Cerema – Méditerranée)
Jean-Philippe BISOGNO (Cerema – Méditerranée)
Christian CREMONA (Cerema – Infrastructures de transport et matériaux)
Denis DAVI (Cerema – Méditerranée)
José-Luis DELGADO (Cerema – Méditerranée)
Edouard DURAND (Cerema – Normandie-Centre)
Christophe LAROCHE (Cerema - Méditerranée)
Jean-Marc TARRIEU (Cerema – Infrastructures de transport et matériaux)
Céline TRMAL (Cerema - Méditerranée)
Nicolas JOLY, élève à l'École Nationale des Travaux Publics de l'État

Relecture :

Jean-Christophe CARLES (Cerema – Méditerranée)
Pierre CORFDIR (Cerema – Infrastructures de transport et matériaux)
Jean-Michel LACOMBE (Cerema – Infrastructures de transport et matériaux)
Laurent LLOP (Cerema – Infrastructures de transport et matériaux)
Cécile BOUVET (Cerema – Infrastructures de transport et matériaux)
Christophe CHEVALIER (IFSTTAR/GERS – projet ANR SSHEAR)
Frédérique LARRARTE (IFSTTAR/GERS – projet ANR SSHEAR)

Coordination :

Denis DAVI (Cerema – Méditerranée)

Objectifs et sommaire du guide

- Sommaire

Avant-propos

Préambule

Introduction : Contexte et démarche générale

- 1- Contexte général de l'analyse de risque des ouvrages
- 2- Objectifs et domaine d'application du guide
- 3- Démarche générale proposée pour l'analyse du risque affouillement

Chapitre 1 : Identification de patrimoine d'ouvrages d'art devant faire l'objet d'une analyse spécifique vis-à-vis du risque affouillement

Analyse sommaire (préfiltre préalable par approche qualitative)

- 1- Évaluation des aléas – étape 1
 - 1.1- Généralités
 - 1.2- Facteurs d'aléa – étape 1
 - 1.3- Grille d'évaluation des aléas – étape 1
- 2- Évaluation de la vulnérabilité – étape 1
 - 1.1- Généralités
 - 1.2- Facteurs de vulnérabilité – étape 1
 - 1.3- Grille d'évaluation de la vulnérabilité – étape 1
- 3- Évaluation du danger ou criticité – étape 1

4- Évaluation des conséquences – étape 1

- 4.1- Généralités sur les enjeux
- 4.2- Adaptation à la problématique affouillements
- 4.3- Grille d'évaluation des enjeux

5- Évaluation du risque – étape 1

Chapitre 2 : Analyse simplifiée des risques (approche semi-quantitative)

- 1- Évaluation des aléas – étape 2
- 2- Évaluation de la vulnérabilité – étape 2
- 3- Évaluation du danger ou criticité – étape 2
- 4- Évaluation des conséquences – étape 2
- 5- Évaluation du risque – étape 2

Chapitre 3 : Analyse détaillée des risques

- 1- Généralités sur la prise en compte du phénomène affouillement
 - 1.1- Références normatives
 - 1.2- Hypothèses et démarche générale de calcul
 - 1.3- Modèles de poussée hydrodynamique et conditions d'affouillement
- 2- Méthodes d'évaluation des profondeurs d'affouillement
 - 2.1- Modèles analytiques (formules empiriques)
 - 2.2- Modélisations numériques
 - 2.3- Modélisations physiques

Objectifs et sommaire du guide

- **Sommaire**

Chapitre 4 : « Gestion du risque »

- 1- Mesures de surveillance / gestion de l'exploitation
- 2- Dispositifs de protection des appuis

Chapitre 5 : Cas particulier des ouvrages en site maritime

- 1- Introduction
- 2- Grille d'évaluation des aléas en site maritime
 - 2.1- Spécificités du milieu maritime au regard de l'aléa affouillement
 - 2.2- Proposition d'adaptation de la grille d'aléa
 - 2.3- Prise en compte des effets du changement climatique

Annexe 1 : Éléments d'analyse de l'impact des effets du changement climatique

- 1- Objectif et démarche mise en œuvre
- 2- Les effets du changement climatique en France métropolitaine en lien avec les ouvrages en site affouillable
 - 2.1- Evolution des conditions d'affouillement pressenties à partir des informations bibliographiques recueillies
 - 2.2- Prise en compte des effets du changement climatique dans la démarche d'analyse de risque

Annexe 2 : Exemple de traitement automatisé des phases 1 et 2

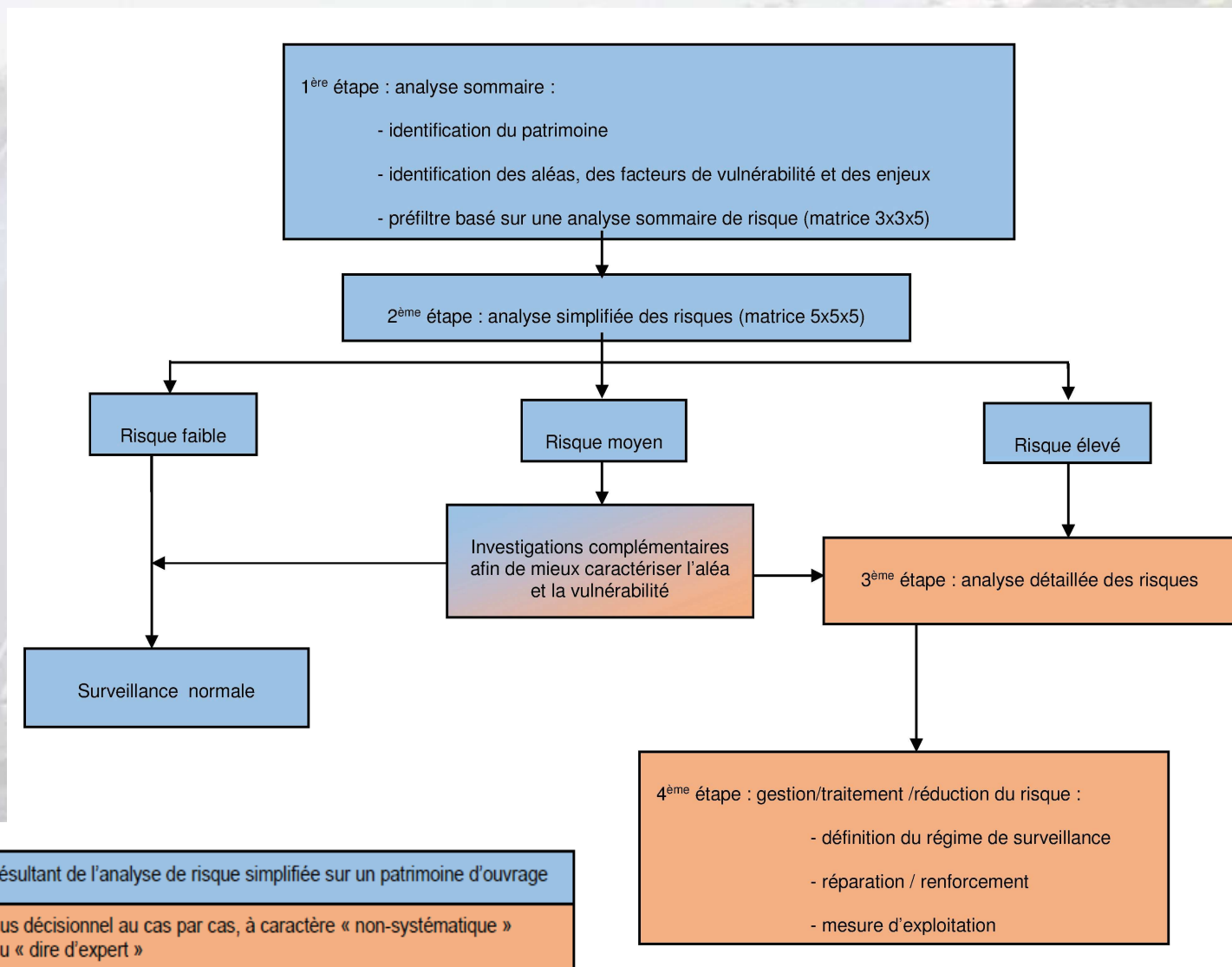
Glossaire

Bibliographie

Plan de l'exposé

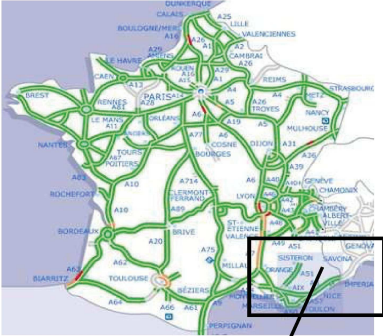
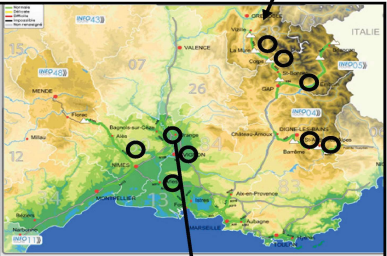

- Objectifs et sommaire du guide
- Présentation générale de la démarche proposée
- Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape
- Tests de validation et 1^{ères} applications opérationnelles

Présentation générale de la démarche proposée



Présentation générale de la démarche proposée

3 étapes successives correspondant à un raffinement progressif de l'analyse :

<p>Étape 1 : Analyse sommaire (préfiltre préalable par approche qualitative)</p>		<p>Objectif : Identification préalable du patrimoine d'ouvrages d'art devant faire l'objet d'une analyse vis-à-vis du risque affouillement.</p> <p>Cible : Parc étendu d'ouvrages</p> <p>Critères de hiérarchisation privilégiés : Enjeux stratégiques (conséquences) > aléa, vulnérabilité succincts</p> <p>Méthode/outil : Matrice de risque 3 (aléa) x 3 (vulnérabilité) x 5 (importance)</p> <p>Données d'entrée nécessaires : Données générales facilement accessibles par questionnaire</p>
<p>Étape 2 : analyse simplifiée des risques (approche semi-quantitative)</p>		<p>Objectif : Evaluation simplifiée du risque associé à chaque ouvrage permettant de définir les actions à entreprendre par le gestionnaire : surveillance normale, investigations complémentaires ou analyse détaillée</p> <p>Cible : Ouvrages retenus à l'issue de l'étape 1</p> <p>Critères de hiérarchisation privilégiés : Enjeux stratégiques, aléa, vulnérabilité (poids équivalent)</p> <p>Méthode/outil : Matrice de risque 5 (aléa) x 5 (vulnérabilité) x 5 (importance)</p> <p>Données d'entrée nécessaires : Dossier d'ouvrage (plans généraux et appuis) + reconnaissance visuelles sur site + données hydrogéologiques générales</p>
<p>Étape 3 : Analyse détaillée des risques (modélisation numérique ou physique)</p>		<p>Objectif : Qualification précise du risque d'affouillement et définition des mesures de traitement du risque (surveillance spécifique, renforcement...)</p> <p>Cible : Ouvrages individuels les plus critiques retenus à l'issus de l'étape 2, ou résultant d'un processus décisionnel au cas par cas</p> <p>Critères de hiérarchisation privilégiés : Aléa/vulnérabilité</p> <p>Méthode/outil : Expertise, évaluation quantitative (modélisation numérique), recalcul structure + modélisation hydrogéologique</p> <p>Données d'entrée nécessaires : Dossier OA complet (notes de calcul, hypothèses générale et géotechniques) + investigations hydrogéologiques complémentaires</p>

Présentation générale de la démarche proposée

3 étapes successives correspondant à un raffinement progressif de l'analyse :

Etape 1 : Analyse sommaire
(préfiltre préalable par approche qualitative)



Objectif : Identification préalable du patrimoine d'ouvrages d'art devant faire l'objet d'une analyse vis-à-vis du risque affouillement.

Cible : Parc étendu d'ouvrages

Critères de hiérarchisation privilégiés : Enjeux stratégiques (conséquences) > aléa, vulnérabilité succincts

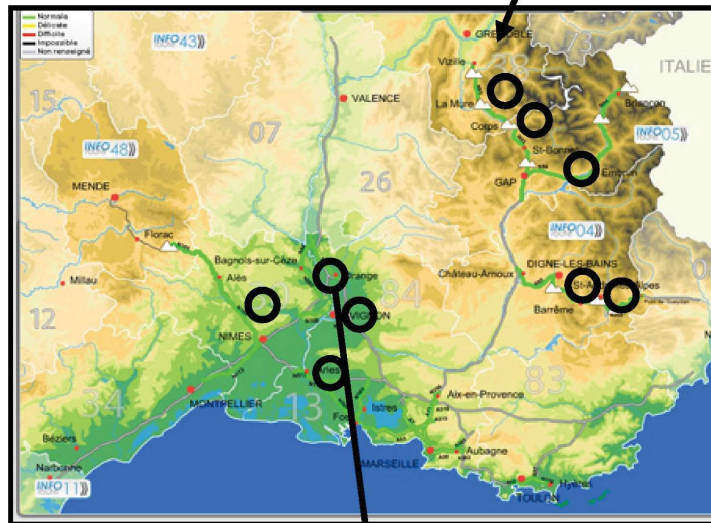
Méthode/outil : Matrice de risque 3 (aléa) x 3 (vulnérabilité) x 5 (importance)

Données d'entrée nécessaires : Données générales facilement accessibles par gestionnaire

Présentation générale de la démarche proposée

3 étapes successives correspondant à un raffinement progressif de l'analyse :

Etape 2 : analyse simplifiée des risques (approche semi-quantitative)



Objectif : Evaluation simplifiée du risque associé à chaque ouvrage permettant de définir les actions à entreprendre par le gestionnaire : surveillance normale, investigations complémentaires ou analyse détaillée

Cible : Ouvrages retenus à l'issue de l'étape 1

Critères de hiérarchisation privilégiés : Enjeux stratégiques, aléa, vulnérabilité (poids équivalent)

Méthode/outil : Matrice de risque 5 (aléa) x 5 (vulnérabilité) x 5 (importance)

Données d'entrée nécessaires : Dossier d'ouvrage (plans généraux et appuis) + reconnaissance visuelles sur site + données hydrogéologiques générales

Présentation générale de la démarche proposée

3 étapes successives correspondant à un raffinement progressif de l'analyse :

<p>Etape 3 : Analyse détaillée des risques (modélisation numérique ou physique)</p>		<p>Objectif : Qualification précise du risque d'affouillement et définition des mesures de traitement du risque (surveillance spécifique, renforcement...)</p> <p>Cible : Ouvrages individuels les plus critiques retenus à l'issue de l'étape 2, ou résultant d'un processus décisionnel au cas par cas</p> <p>Critères de hiérarchisation privilégiés : Aléa/vulnérabilité</p> <p>Méthode/outil : Expertise, évaluation quantitative (modélisation numérique), recalcul structure + modélisation hydrogéologique</p> <p>Données d'entrée nécessaires : Dossier OA complet (notes de calcul, hypothèses générale et géotechniques) + investigations hydrogéologiques complémentaires</p>
--	---	--

Plan de l'exposé

- Objectifs et sommaire du guide
- Présentation générale de la démarche proposée
- Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape
- Tests de validation et 1^{ères} applications opérationnelles

Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- Étape 1 : Préfiltre préalable (analyse sommaire qualitative)
 - Grille d'évaluation de l'aléa



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

Facteurs influant les aléas affouillements		Cotation	
Conditions d'écoulement	Rivières fluviales : rivières de plaines, rivières aménagées ou navigables, canaux rivières fluviales en milieu estuarien (hors Méditerranée) soumis à la marée	2	A11
	Rivières torrentielles (notamment rivières Méditerranéennes) caractérisées par des crues fortes et brutales en cas de gros orages	3,5	
	Torrents de montagne et rivières sous régime cyclonique des DROM-COM : cours d'eau de montagne à fort courant et à forte pente et cours d'eau des régions cycloniques (France d'outre-mer)	5	
Nature du fond de lit <small>(voir notas (1) et (2) du §1.2.1)</small>	Substratum rocheux affleurant	0	A12
	Blocs	1	
	Graves, cailloux, galets...	1,6	
	Sols cohérents (limons, argiles...)	2,8	
	Sables	3,5	
Affouillement général	2 x A11 x A12 - 5		A1

Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- Étape 1 : Préfiltre préalable (analyse sommaire qualitative)
 - Grille d'évaluation de l'aléa



Ouvrage en maçonnerie sur « rivière de plaine » au débouché hydraulique mal dimensionné (photo: DIR Atlantique)



Ouvrage sur une « rivière de plaine » au débouché hydraulique largement dimensionné (photo: LR de Blois)



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

Effet de contraction du lit <small>(voir notas (3), (4) et (5) du §1.2.2)</small>	Débouché hydraulique peu impacté par la présence de l'OA	0,5	A2
	Réduction 15 à 40% du débouché hydraulique au droit de l'OA	2	
	Réduction > 40% du débouché hydraulique ou mise en charge connue de l'OA	6	

Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- Étape 1 : Préfiltre préalable (analyse sommaire qualitative)

- Grille d'évaluation de l'aléa



Affouillement d'une culée en saillie d'un pont (photo: Cerema Méditerranée)



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

Dimension des appuis faisant obstacle à l'écoulement (<i>dimension de l'appui individuel le plus large par rapport au sens d'écoulement, yz semelle si apparente, ou partie de culée en saillie</i>)	Absence de pile et de culée en saillie	0	A31
	Largeur ≤ 2 m	1,5	
	$2 \text{ m} < \text{Largeur} \leq 4 \text{ m}$	2,5	
	Largeur > 4 m	3,5	
Forme des piles	Configuration favorable : fûts circulaires ou carrés (ou quasiment) et/ou absence de biais	1	A32
	Oblongue ou allongée, avec un biais par rapport à l'écoulement de nature à tripler la largeur d'obstacle vue	3	
	Autres cas	2	
Evolution du lit	Lit connu pour être stable	1,1	A33
	Présence de dunes $H > 1$ m ou bancs d'alluvions mobiles	1,3	
Risque d'embâcles	Non	0	A35
	Possible	0,4	
	Avéré	1	
Affouillement local	$1,2 \times (A31+A35) \times A32 \times A33 \times A34 \times A11$		A3
Niveau d'aléa (affouillement total)		$A1 + A2 + A3$	A

Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- Étape 1 : Préfiltre préalable (analyse sommaire qualitative)
 - Grille d'évaluation de la vulnérabilité

Facteurs influant la vulnérabilité aux affouillements		Cotation	
Période de construction (ouvrage, ou appuis si plus anciens)	Après 1976	-1	V11
	1951-1975	3	
	Avant 1950	5	
Type de fondations	Fondations profondes ou semi-profondes (yc pieux bois non dégarnis et semelles sur gros béton)	2	V12
	Fondations superficielles "large" (B ≥ 8m selon la direction d'affouillement)	5	
	Autres cas (yc pieux bois dégarnis) ou absence de données	10	
Surveillance	Visite récente montrant l'absence d'affouillement (visite subaquatique ou pieds d'appuis visibles à l'étiage)	0	V13
	Autres cas	4	
Vulnérabilité des fondations	- Si absence de piles ou culées en saillie : 0 - Sinon : V11 + V12 + V13		V1
Matériau constitutif	Béton ou métal, en bon état	1	V21
	Maçonnerie, ou béton ou métal dégradé	3	
Forme de l'obstacle (partie « faisant face » à l'écoulement »)	Avant-bec aiguisé	0	V22
	Appui cylindrique ou avant bec circulaire	0,5	
	Appui rectangulaire	1	

Sensibilité des appuis à une déstabilisation de leur fondation	V21 + V22		V2
Type d'ouvrage	Buse béton ou pont cadre	1	V3
	Autres cas	2	
Sensibilité du tablier aux dénivellations, basculement ou déchaussement partiel d'appui	V3		V3
Niveau de vulnérabilité	- Si V1 ≤ 5 : V1 - Si V1 > 5 : V1 + V2 + V3		V

Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- **Étape 1 : Préfiltre préalable** (analyse sommaire qualitative)
 - **Évaluation du danger (ou criticité)**

Niveau d'aléa – étape 1	
Faible	$A < 3$
Moyen	$3 \leq A < 7$
Elevé	$A \geq 7$

Niveau de vulnérabilité – étape 1	
Faible	$V \leq 8$
Moyen	$8 < V \leq 12$
Elevé	$V > 12$

Danger/criticité	Vulnérabilité faible	Vulnérabilité moyenne	Vulnérabilité forte
Aléas faibles	Criticité faible	Criticité faible	Criticité moyenne
Aléas moyens	Criticité faible	Criticité moyenne	Criticité forte
Aléas Forts	Criticité moyenne	Criticité forte	Criticité forte

Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- **Étape 1 : Préfiltre préalable** (analyse sommaire qualitative)
 - **Grille d'évaluation des enjeux et évaluation du risque**

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	Déviati on facile (Pont attenant ou proche)	0
	Déviati on difficile (Déviation longue)	1,5
	Déviati on 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 Elevé	16 ≤ ISE ≤ 20

ISE = Indice Socio-Economique

Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- **Étape 1 : Préfiltre préalable** (analyse sommaire qualitative)
 - **Grille d'évaluation des enjeux et évaluation du risque**

Risque	Criticité faibles	Criticité moyenne	Criticité forte
Conséquences très faibles	Risque très faible	Risque très faible	Risque faible
Conséquences faibles	Risque très faible	Risque faible	Risque moyen
Conséquences moyennes	Risque faible	Risque moyen	Risque élevé
Conséquences élevées	Risque moyen	Risque élevé	Risque très élevé
Conséquences très élevées	Risque élevé	Risque très élevé	Risque très élevé

Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- Étape 2 : Analyse simplifiée des risques (approche semi-quantitative)
 - Raffinement et objectivation des critères d'évaluation de l'aléa

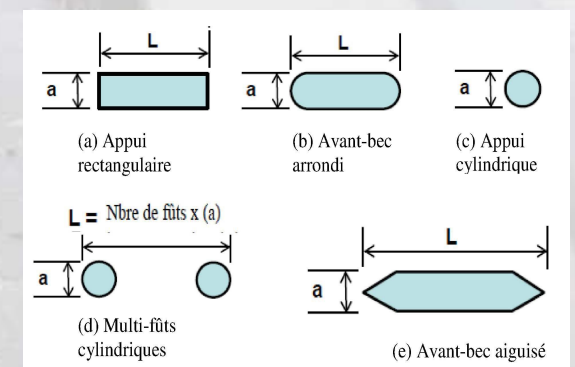
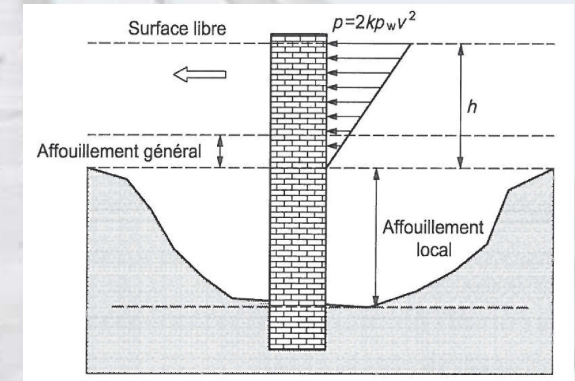
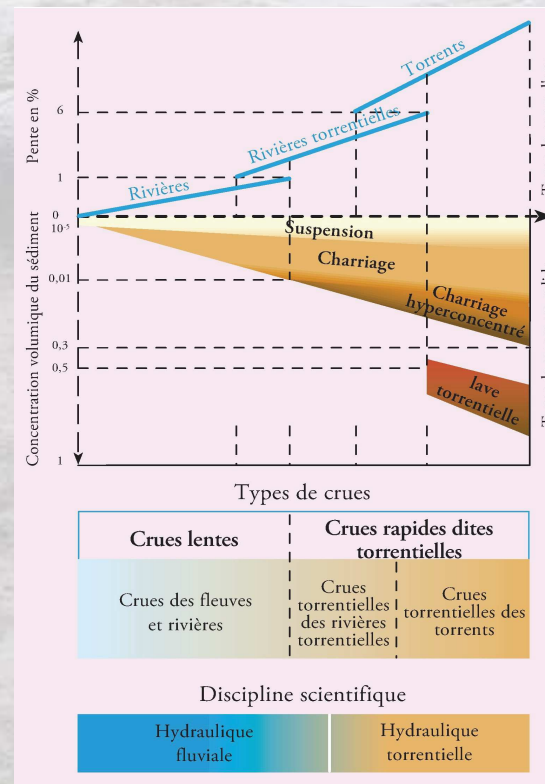
- Estimation des profondeurs d'affouillement à partir d'équations simplifiées issues de la littérature scientifique et de données quantifiées :

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

$$y_2/y_1 = (Q_2/Q_1)^{6/7} \cdot (W_1/W_2)^{k1} \quad \text{et} \quad P_2 = y_2 - y_0 \quad (\text{Formule de Laursen})$$

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

- Évaluation des vitesses d'écoulement pour différentes configurations de cours d'eau
- Prise en compte des effets du changement climatique par majoration forfaitaire des critères impactés par une augmentation de précipitation ou de débit supérieure à 10 ou 20% à l'horizon 2100



Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- Étape 2 : Analyse simplifiée des risques (approche semi-quantitative)
 - Raffinement et objectivation des critères de vulnérabilité

- Type de fondations :

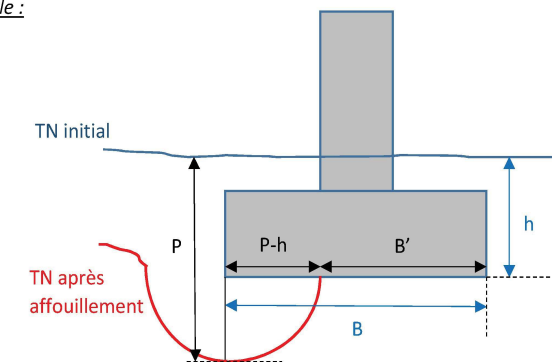
○ Profondes	V12 = 1
○ Semi-profondes (yc pieux bois non dégarnis et semelles sur gros béton)	V12 = 2
○ Superficielle à large embase ($e \leq B'/6$)	V12 = 3
○ Superficielle à embase moyenne ($B'/6 < e \leq B'/3$)	V12 = 5
○ Superficielle à embase étroite ($e > B'/3$)	V12 = 10
○ Micropieux ou pieux bois 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) :

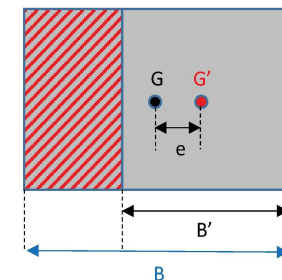
○ 1 ou 2 ou 2E	V23 = 0
○ 3 ou 3U ou NE	V23 = 1
- Sensibilité du tablier à la flexion :

○ Travées isostatiques	V32 = 0
○ Travées hyperstatique structure mixte	V32 = 0,5
○ Travées hyperstatique structure béton	V32 = 1

Vue latérale :



Vue de dessus :



Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- Étape 2 : Analyse simplifiée des risques (approche semi-quantitative)
 - Évaluation du danger (ou criticité) et indice de risque associé

Niveau d'aléa - étape 2	
Très faible	$P < 1 \text{ m}$
Faible	$1 \leq P < 2,5 \text{ m}$
Moyen	$2,5 \leq P < 6 \text{ m}$
Elevé	$6 \leq P < 12 \text{ m}$
Très Elevé	$P \geq 12 \text{ m}$

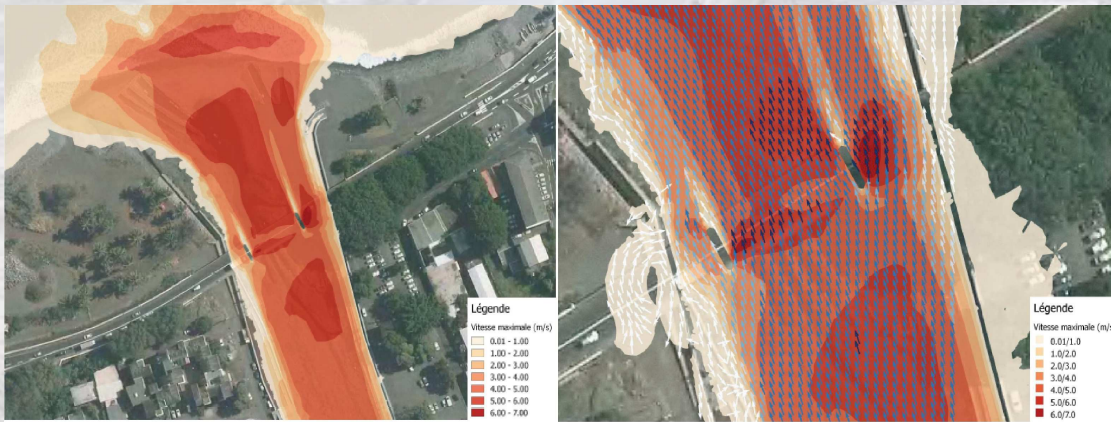
Niveau de vulnérabilité - étape 2	
Très faible	$V \leq 4$
Faible	$4 < V \leq 8$
Moyen	$8 < V \leq 12$
Elevé	$12 < V \leq 16$
Très Elevé	$V > 16$

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 ^{ère} 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

Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape

- Étape 3 : Analyse détaillée et traitement des risques



Modèle numérique 2D (rivière St-Denis – La Réunion)



Modélisation physique (viaduc de la LEO – Avignon)



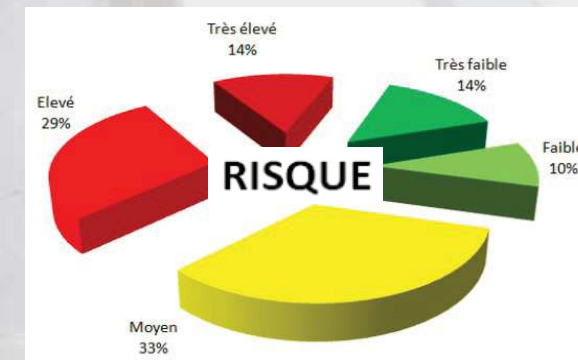
Protection d'une culée de pont (rivière du Mat – La Réunion)

Plan de l'exposé

- Objectifs et sommaire du guide
- Présentation générale de la démarche proposée
- Critères et méthodes d'analyse associés à chaque étape
- Tests de validation et 1^{ères} applications opérationnelles

Tests de validation et 1^{ères} applications opérationnelles

- Études tests destinés à valider la démarche (applicabilité, pertinence technique, niveau de sélectivité...)
- 4 ouvrages Réunionnais de franchissement de rivières torrentielles
- 11 ouvrages en PACA dont certains endommagés lors des inondations du Var de 2014
- 6 ouvrages du Nord-Ouest de la France ayant fait l'objet d'études d'affouillement approfondies
- Retours d'expérience sur l'application de la méthode du guide dans le cadre du projet de recherche ANR SSHEAR "Sols, Structures et Hydraulique : Expertise et Recherche Appliquée" (sshear.ifsttar.fr)



Tests de validation et 1^{ères} applications opérationnelles

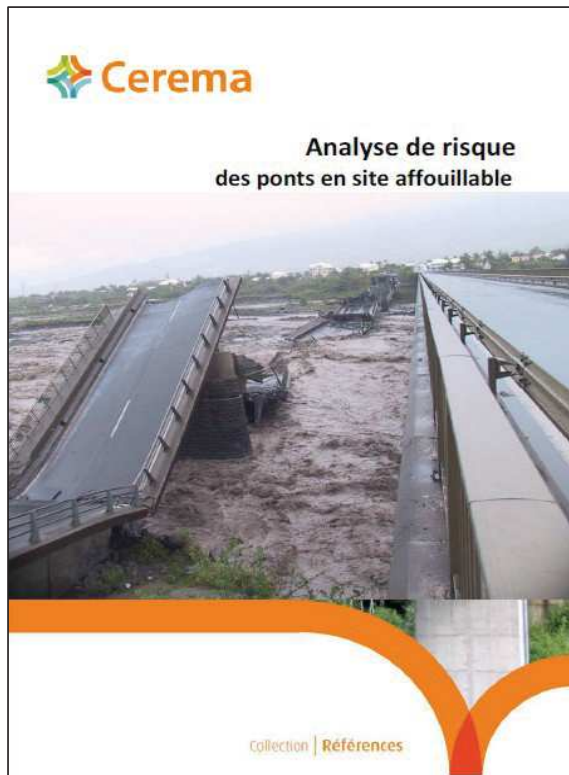
- Déclinaison opérationnelle dans le cadre de l'analyse de risque des ouvrages d'Île de France en situation de crue

- Commanditaire : Préfecture de Police de Paris
- Risques étudiés :
 - Poussée hydrodynamique
 - Mise en charge, embâcles...
 - Chocs de bateau en perdition
 - **Affouillement**
 - Décrue rapide (culées)
- Patrimoine concerné : environ 250 ponts sur les seuls cours d'eau navigables en Île-de-France (+ non navigables)
Dans un 1^{er} temps : réseau structurant autoroutes pénétrantes + périph + gds axes gérées par la DIR + ponts « parisiens »



- Scénario : crue 1910 x 1,15
- Finalité : pouvoir discerner dans ce patrimoine particulièrement stratégique, les ouvrages robustes de ceux qui sont plus vulnérables, afin de pouvoir bâtir un plan de gestion de trafic fiable en période de crue et proposer les investissements de remise à niveau les plus pertinents

Merci de votre participation



Denis DAVI et Laurent LLOP
Cerema

denis.davi@cerema.fr

laurent.llop@cerema.fr

