



Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Journée technique

Gestion d'un patrimoine d'infrastructures
d'ouvrages terrestres

04 Mars 2015





Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Analyses des risques appliquée aux ouvrages d'art

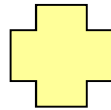
Direction Technique Infrastructures de
Transports et Matériaux

Laurent LLOP

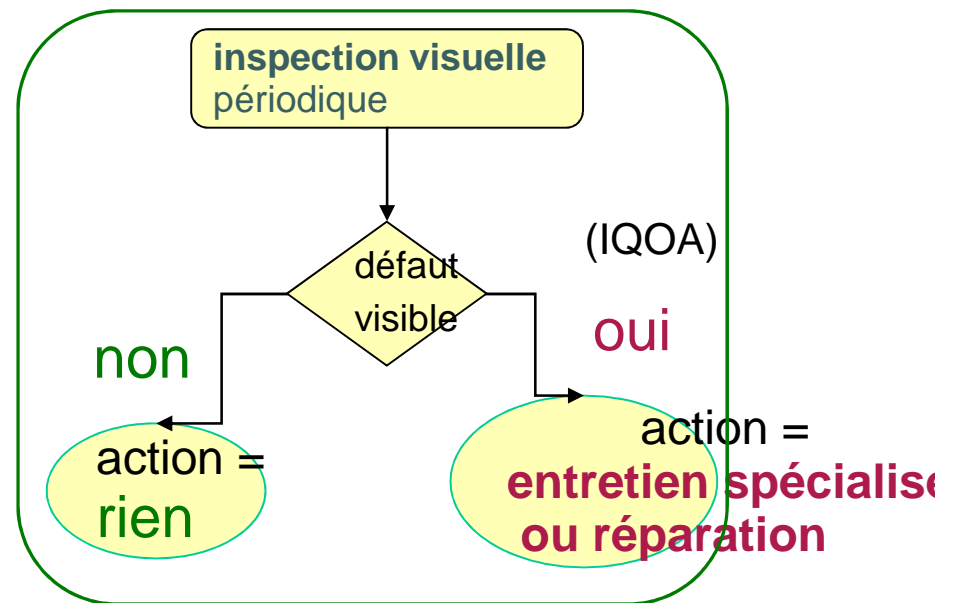
CTOA/Division Gestion du Patrimoine

Etat des lieux

entretien
« courant »
(systématique)

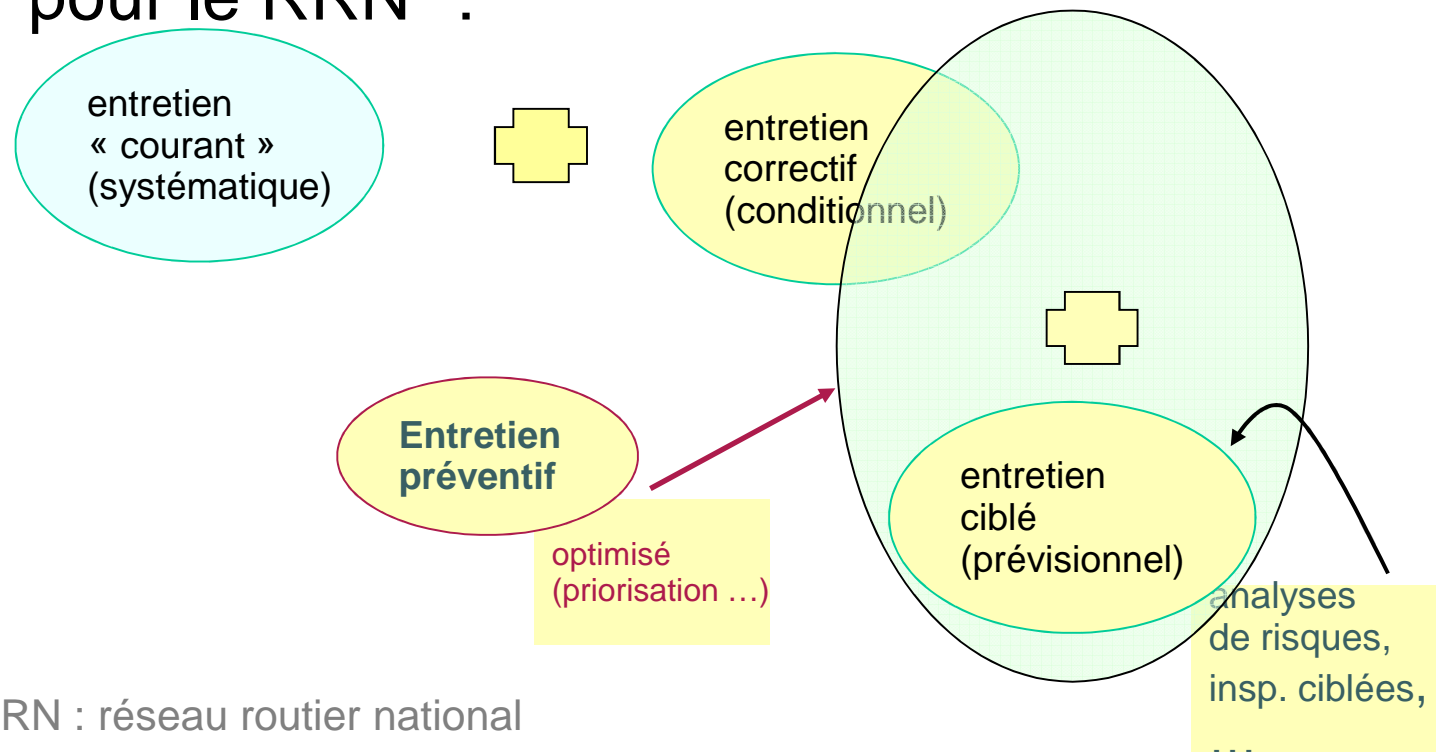


entretien
correctif
(conditionnel)



Etat des lieux

→ réponse adoptée
pour le RRN* :



* RRN : réseau routier national

Etat des lieux

Hiérarchisation : préalable à la programmation

Hiérarchisation essentiellement basée sur l'état apparent des ouvrages (visites d'évaluation, inspections détaillées) et des considérations socio-économiques

Pour certaines familles d'ouvrages, l'état apparent n'est pas suffisant pour apprécier l'état structural

Etat des lieux

La mise en œuvre d'investigations avancées n'est pas généralisable à un parc d'ouvrage important

Nécessité d'anticipation ...

Objectifs

Cibler les familles d'ouvrages « à risques », ou les ouvrages exposés à un risque spécifique

Méthodologie simple : applicable à des parcs d'ouvrages importants (pour l'Etat, plusieurs centaines ou milliers en fonction des familles d'OA)

Méthodologie la plus objective possible : critères objectifs limitant les écarts d'interprétation

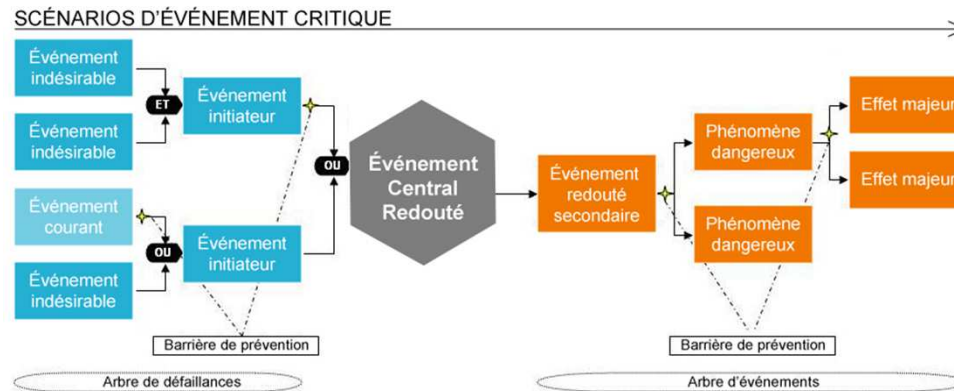
Les méthodes

Les méthodologies d'analyses des risques et d'études des dangers sont généralisées et appliquées à des systèmes complexes :

- installations industrielles à risque (ICPE...),
- installations nucléaires civiles,
- barrages de classe A et B,
- aéronautique ...

Les méthodes

- AMDEC (analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité) : superposition de défaillances ...
- Arbres de défaillances, arbres d'événements (méthode des nœuds papillon),



- HAZOP (HAZard and OPerability study) : méthode qualitative...

Méthodologies lourdes adaptés à des systèmes complexes

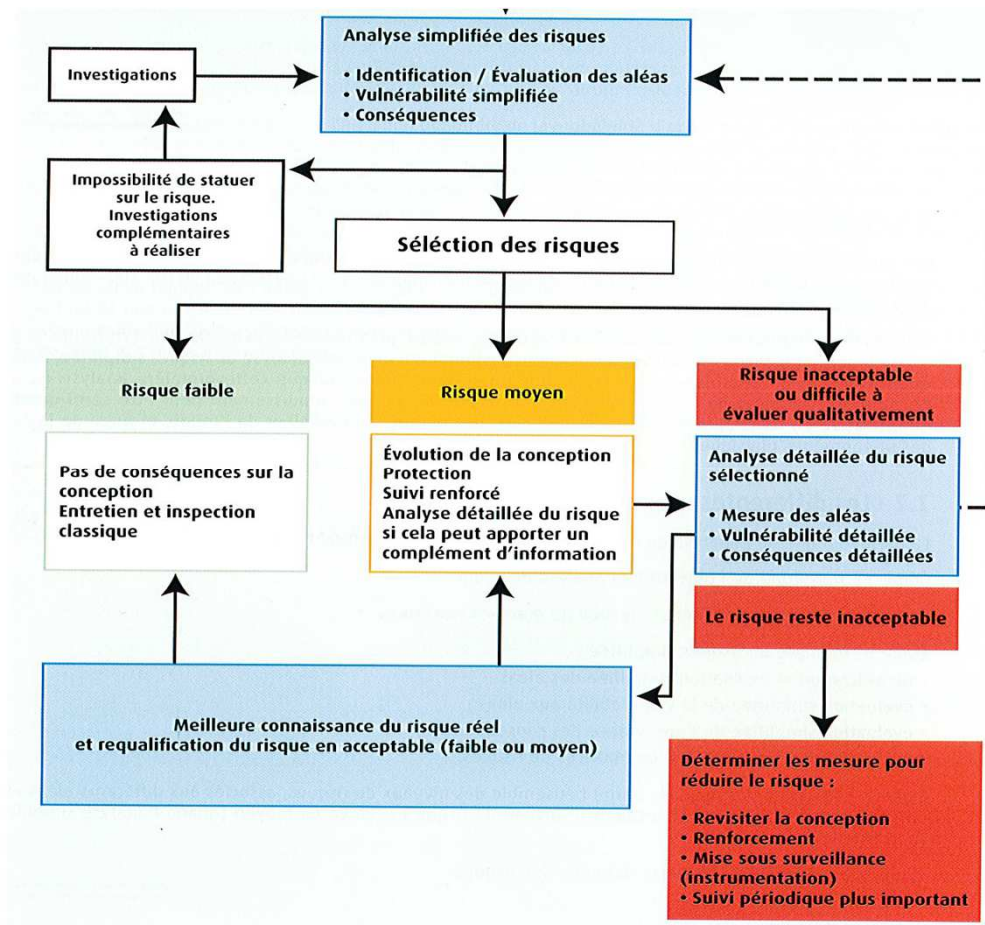
L'analyse des risques OA

Méthodologie CEREMA/DtecITM (ex SETRA)

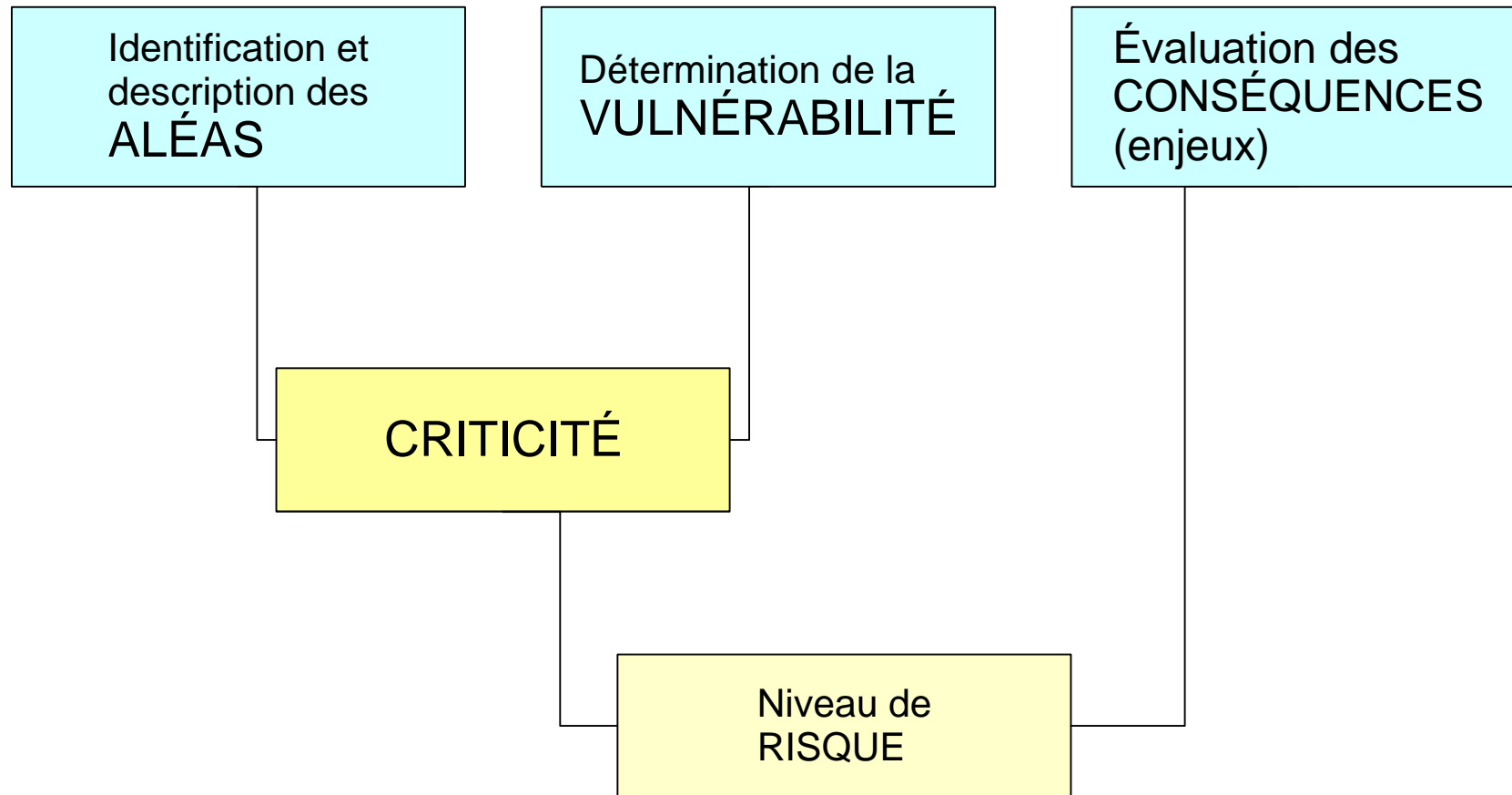
Guide « Maîtrise des risques – application aux OA »
de janvier 2013

Guides d'applications...

L'analyse des risques OA



L'analyse des risques OA



L'analyse des risques OA

ALEA : phénomène à l'origine du risque

quatre types (origines) d'aléas pour les OA :

- **aléas internes liés à des causes exogènes** : agressions provenant du milieu extérieur entraînant des réactions internes,
- **aléas internes liés à des causes endogènes** : erreurs de conception, de réalisation ...
- **aléas externes d'origine naturelle** : agressions du milieu extérieur impactant directement les conditions de stabilité, en exerçant des actions ou en modifiant les conditions d'appui,
- **aléas externes d'origine humaine** : cela recouvre les agressions extérieures liées à l'activité humaine et impactant la stabilité de l'ouvrage

L'analyse des risques OA

VULNERABILITE : sensibilité de l'ouvrage.

On distingue la vulnérabilité locale (relative à un aléa donné) de la vulnérabilité globale de l'ouvrage.

L'analyse des risques OA

CONSEQUENCES (ou enjeux) : relatives aux dommages en cas d'aléa, elles font à la fois intervenir l'ouvrage mais aussi l'enjeu intrinsèque de l'ouvrage pour la collectivité.

Elles comptabilisent :

- les vies humaines,
- les dommages directs (et les coûts de réparation associés),
- les perturbations économiques et sociales,
- les atteintes à l'environnement
- etc ...

L'analyse des risques OA

Les ouvrages aujourd'hui concernés (guides publiés) :

- VIPP,
- buses métalliques (v1),
- ouvrages en terre armée.

Les travaux en cours :

- buses métalliques (v2, intégration des risques géotechniques - 2015),
- ouvrages affouillables - 2015,
- tranchées et couvertures - 2015

Exemple : Terre armée

Les aléas :

ANCIENNETÉ OUVRAGE					
	moins de 10 ans	10-20 ans	20-30 ans	30-40 ans	> 40 ans
a1	0	2	4	8	12
CONDITIONS D'EXPLOITATION					
zone de salage	peu fréquent	fréquent	hiver assez rigoureux, très fréquent		hiver rigoureux, très fréquent
a2	0	2	3		5
CONCEPTION					
réseaux d'eau intérieurs	absence		présence		inconnu
a3	0		1		1
étanchéité, drainage	efficaces		inefficaces		inconnu
a4	0		1		1
parement "pseudo-étanche"	oui		non		
a5	0		1		
ouvrage hydraulique interne	absence		présence		
a6	0		1		
ENVIRONNEMENT					
Mer (distance < 50 m)	oui		non		
a7	8		0		
Immergé	oui		non		
a8	2		0		
Courant vagabond (porte ou protège une voie)	oui		non		
a9	1		0		
Gel	Zone "gel faible ou modéré"		Zones "gel modéré ou sévère" et "gel sévère"		
a10	0		1		

A = a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8+a9+a10	
Niveaux d'aléa	Note d'aléa
A1 : faible	A ≤ 6
A2 : moyen	6 < A < 12
A3 : élevé	12 ≤ A

Exemple : Terre armée

Les vulnérabilités et niveau de criticité :

TYPE D'ARMATURE					
type d'armatures	HAR OU HA galva 5 mm	lisse galva 3 mm	inox et alu	non revêtu	inconnu
v1	0	6	8	8	8
FACTEURS SUSCEPTIBLES DE DIMINUER LA RÉSERVE DE RÉSISTANCE DES ARMATURES					
type de mur	culée porteuse	fausse culée pieux intérieurs	fausse culée poteaux extérieurs	mur simple	
v2	3	3	0	0	
hauteur du mur	<= 5 m	entre 5 et 10 m		> 10 m	
v3	0	2	5		
autres facteurs connus : déformations, tassement, végétation, surcharges, nature du remblai...	absence	présence jugée mineure		présence jugée majeure	
v4	0	1	4		

V = v1+v2+v3+v4	
Niveaux de vulnérabilité	Note de vulnérabilité
V1 : faible	V < 4
V2 : moyen	4 <= A < 8
V3 : élevé	8 <= V

Criticité	Vulnérabilité	V1	V2	V3
Aléa		faible	moyen	fort
A1	Faible	Cr1	Cr1	Cr2
A2	Moyen	Cr1	Cr2	Cr3
A3	Fort	Cr2	Cr3	Cr3

Exemple : Terre armée

Les conséquences :

IMPACTS TECHNIQUES				
type de mur	amont	aval	intermédiaire	culée
c1	0	1	3	6

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES				
importance du trafic	trafic <= 15 000 v/j	15 000 v/j < trafic <= 35 000 v/j	35 000 v/j < trafic <= 80 000 v/j	80 000 v/j < trafic
c2	0	1	3	5
Importance de l'ouvrage	surface <= 500 m2	surface <= 1 000 m2		surface > 1 000 m2
c3	0	2		5
Impacts sur exploitation de l'itinéraire et sur la zone d'influence	faibles		moyens	forts
c4	0		2	4

C = c1+c2+c3+c4	
Niveaux de conséquences	Note des conséquences
C1 : faible	C < 6
C2 : moyen	6 < C < 12
C3 : élevé	C > 12

Exemple : Terre armée

Evaluation du risque :

- R1 : risque faible
- R2 : risque modéré
- R3 : risque fort

RISQUE	CRITICITÉ	CR1	CR2	CR3
Conséquences		faible	moyen	fort
C1	faible	R1	R1	R2
C2	moyenne	R1	R2	R3
C3	fort	R2	R3	R3

Maîtrise des risques

Agir sur ...

- **la vulnérabilité**, en limitant les effets dommageables de l'aléa sur les ouvrages : adapter les ouvrages,
- **l'aléa**, par exemple en modifiant l'environnement de l'ouvrage, de manière à limiter ses effets (intensité, fréquence ,typologie...)
- **les conséquences**, avec des plans de prévention et des adaptations de enjeux.

Maîtrise des risques

comprend aussi, selon le cas, par exemple, diverses mesures :

- des mesures de réduction de niveaux de service des ouvrages, temporaires ou définitives,
- l'adaptation des programmes de surveillance et d'entretien ;
- des investigations, des études spécifiques,
- etc.

L'exemple des VIPP

Le RRN-NC comporte une centaine de VIPP ont 35 construits avant 1967.

- 2008 à 2009 : analyses des risques simplifiées menées par les CETE avec les DIR,
- Définition d'un programme d'action à partir des résultats des AR et des actions de surveillance

L'exemple des VIPP

Suites données et état d'avancement en fin 2013

Ouvrage	Date	Risques	Suites données	Obs
Ouvrage 1	1983	Faibles	RAS	
Ouvrage 2	1963	Forts	Arbalète, gamma, pastillage, carottages	Diagnostic 2015 APROA 2016
Ouvrage 3	1976	Forts	Gamma, radar, recalcul	Réalisé
Ouvrage 4	1962	Forts	Arbalète	Prog 2013
Ouvrage 5	1962	Forts	Arbalète	Prog 2013
Ouvrage 6	1977	Modérés	Recalcul	2014
Ouvrage 7	1977	Modérés	Recalcul	2014
Ouvrage 8	1978	Elevés	Recalcul	En cours 2013
Ouvrage 9	1978	Elevés	Recalcul	En cours 2013

...