

## Méthodes de programmation à court terme des travaux d'entretien et de rénovation du patrimoine

**La gestion patrimoniale des infrastructures implique la prise en compte des risques inhérents à chaque type d'ouvrage et de réseau, pour définir des actions prioritaires en terme de travaux d'entretien et de rénovation. Cet article s'intéresse ici à trois types d'infrastructures aussi différents que les barrages, les ouvrages d'art routiers et les réseaux d'eau potable, et nous montre comment un même principe de gestion du risque peut être décliné en différentes méthodes de priorisation des actions de maintenance du patrimoine.**

**L**

a programmation à court terme (CT – un à trois ans) de travaux visant à rénover ou reconfigurer des éléments d'infrastructure afin d'en améliorer la performance ou la sécurité, induit une question d'allocation optimale de moyens quel que soit le type d'infrastructure concerné.

Le présent article se propose d'examiner comment se pose la question de la priorisation des travaux pour des patrimoines infrastructurels aussi différents que les barrages, les ouvrages d'art (OA) routiers et les réseaux d'eau potable (RE).

Ces trois exemples montrent comment un même principe de gestion du « risque », consistant à implémenter en priorité les actions susceptibles de minimiser l'espérance des impacts d'éventuelles défaillances, offre des déclinaisons variant sensiblement selon le contexte socio-économique et technique propre aux infrastructures.

Après une présentation des contextes de gestion du risque propres aux trois types d'infrastructures, l'analyse portera sur :

- la caractérisation des enjeux, *i.e.* les éléments vulnérables exposés aux défaillances éventuelles,
- la caractérisation de l'aléa,
- la méthode de hiérarchisation des actions selon la réduction du risque attendue.

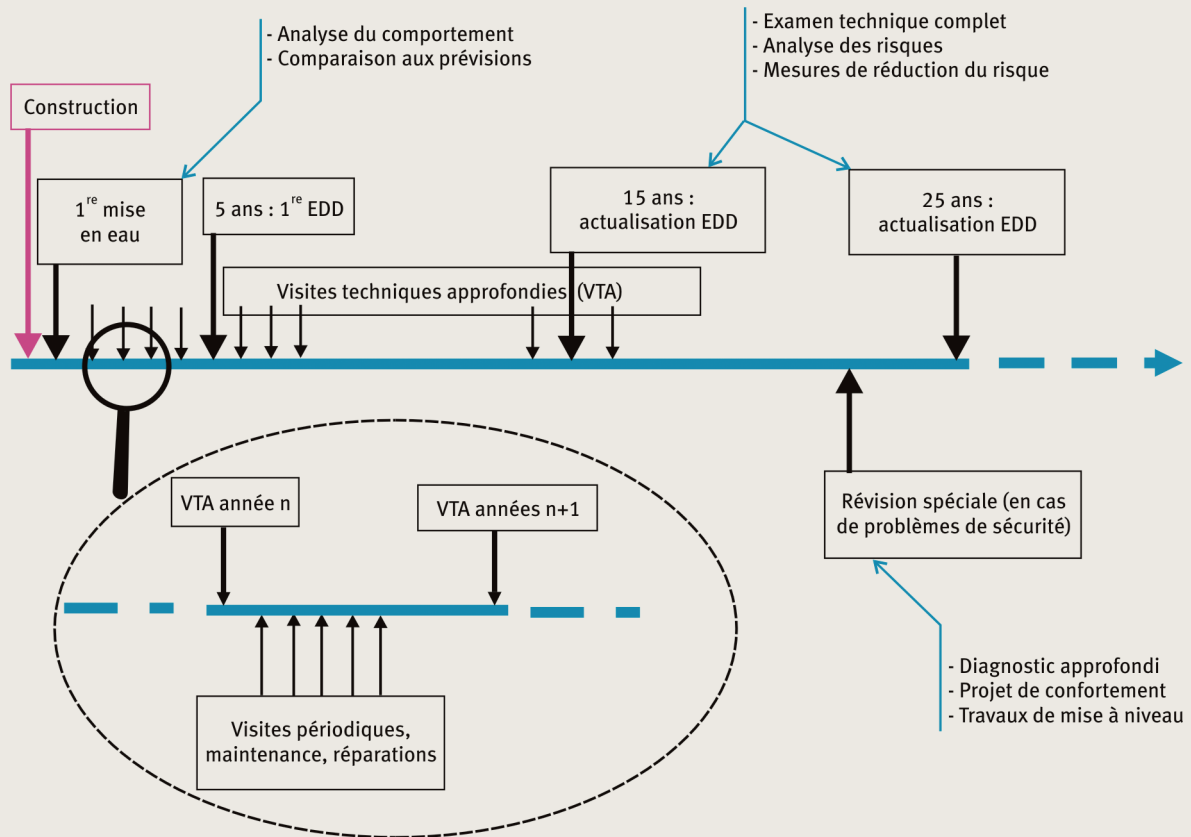
Nous nous appuyerons pour chaque type de patrimoine sur une méthode de gestion du risque bien formalisée, et faisant l'objet d'une mise en œuvre en conditions réelles d'exploitation des ouvrages :

- l'étude de dangers (EDD) des barrages, dont la consistance et le rythme d'actualisation sont fixés réglementairement en France par le Code de l'environnement ;
- l'analyse de risques appliquée aux ouvrages d'art développée par le Sétra (aujourd'hui direction technique du Cerema, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) pour le compte du ministère de l'Écologie en charge des transports ;
- la méthode MEDIREL (méthode de diagnostic du réseau d'eau lausannois), issue pour partie des livrables du projet européen CARE-W (financé entre 2001 et 2003 par le 5<sup>e</sup> PCRD – Programme cadre de recherche et développement), et conçue et mise en œuvre depuis 2003 par le service gestionnaire du réseau d'eau potable de l'agglomération de Lausanne (Suisse), suite à sa participation à ce projet de recherche.

### Contextes de gestion du risque propres aux trois patrimoines

Les trois patrimoines se distinguent par des contraintes réglementaires de gestion du risque très contrastées, fortes concernant les barrages, simplement encadrées pour les OA routiers, légères pour les RE.

### 1 Chronologie réglementaire de la surveillance des barrages de classe A.



La rupture du barrage de Malpasset en décembre 1959, dévasta la ville de Fréjus (Var) par le déferlement de 50 millions de m<sup>3</sup> d'eau, et se solda par un bilan humain de 423 victimes. Cette tragédie motiva la création du Comité technique permanent des barrages en 1963. Le niveau de risque élevé pour les vies humaines et pour l'économie que représentent les barrages a ainsi amené le législateur à introduire des dispositions réglementaires pour en assurer la sûreté. Ces dispositions, illustrées par la figure 1, ont été largement renforcées par les décrets de décembre 2007 et mai 2015 et leurs textes d'application, et sont désormais intégrées dans le Code de l'environnement. Le contrôle de la bonne exécution des actions de surveillance et de maintenance des ouvrages par leur exploitant est assuré par les services de l'État au sein des directions régionales de l'environnement (DREAL), avec l'appui scientifique et technique du Bureau d'études techniques et de contrôle des grands barrages (BETCCB) et d'Irstea.

L'effondrement du pont routier Wilson à Tours en avril 1978 fut certes spectaculaire mais ne fit pas de victime. Cet accident a cependant incité l'État en 1979 à organiser la surveillance et l'entretien de ses ouvrages d'art au travers d'une série de procédures regroupées sous le terme générique d'« instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (ITSEOA, 2011), revisitée en 2010-2011 pour intégrer la démarche IQOA (image qualité des ouvrages d'art, permettant de classer l'état des ouvrages ou de leurs parties) apparue à la fin des années 1990. L'ITSEOA et l'IQOA ont cependant été repris par de nombreuses collectivités territoriales (devenues gestionnaires de nombreux ouvrages suite à la loi de décentralisation de 2006) ou sociétés d'autoroutes, lui conférant un caractère quasi-univer-

sel par usage. Le Cerema appuie scientifiquement les exploitants d'ouvrage, et distribue le logiciel LAGORA qui implémente les procédures de gestion patrimoniale des infrastructures (GPI), dont la méthode par valorisation sociétale. Cependant, ces dernières années ont été l'occasion de revisiter les procédures relatives à la préservation des ponts sur le réseau routier national français, à un moment où les besoins de maintenance pour les ouvrages les plus anciens dépassent les ressources financières disponibles. Afin d'améliorer les processus de prise de décision et de développer des méthodes d'évaluation avancées, le Sétra a développé une méthodologie d'analyse de risques visant à procurer une approche cohérente de la gestion de structures sensibles.

Les grosses ruptures de canalisations d'eau représentent des accidents plus anecdotiques, où les enjeux relèvent essentiellement de l'interruption de service, du dégât matériel et du préjudice économique ponctuel. Le législateur, en France et plus largement en Europe, ne s'est ainsi intéressé aux RE que très récemment (loi de 2010 dite « Grenelle 2 ») et pour des motivations environnementales tenant à la préservation de la ressource en eau potable, et au souci que les RE ne la gaspillent pas au travers des fuites. Les gestionnaires de RE sont ainsi réglementairement tenus de disposer d'un descriptif détaillé du réseau, et de mettre en œuvre un plan d'action de maîtrise des pertes d'eau lorsque le rendement du réseau est inférieur à un seuil (85%, modulable selon la vulnérabilité de la ressource). L'incitation aux bonnes pratiques de gestion technique est fiscale (doublement du taux de redevance sur les volumes d'eau prélevés en cas de carence à satisfaire aux obligations ci-dessus). De grandes disparités existent entre gestionnaires de RE dans la mise en œuvre de bonnes pratiques en GPI ; le cas

► lausannois (méthode MEDIREL) pris ici en exemple n'est pas représentatif, mais montre la voie qui devrait être empruntée dans la décennie à venir. Notons en outre que l'injonction des pouvoirs publics concerne la maîtrise des fuites, alors que les efforts des gestionnaires ciblent plutôt la continuité du service et le remplacement des éléments du réseau suspectés d'entraîner des interruptions de service.

Dans le cas des OA routiers et des barrages, les actions à programmer à court terme (CT) pour la maintenance du patrimoine relèvent surtout de l'entretien courant ou de la réparation structurante (confortement ou remplacement partiel), exceptionnellement du démantèlement de l'ouvrage et de sa reconstruction à neuf. La programmation CT en GPI d'un RE est quasi-exclusivement focalisée sur le remplacement de tronçons du réseau. Là réside une différence essentielle entre des patrimoines tels que les OA qui font l'objet d'une GPI « individualisée », et des patrimoines « linéaires » en réseau, où l'approche peut avoir un caractère statistique du fait du grand nombre de tronçons composant l'infrastructure. Le caractère statistique est cependant présent dans le cas de la gestion d'un parc important d'ouvrages (barrages, ponts) ou de tronçons routiers.

Soulignons aussi que pour les trois patrimoines considérés, les actions consistent aussi à enrichir le « patrimoine informationnel »<sup>1</sup>, au travers d'opérations d'acquisition de données, d'études techniques, ou de modélisations.

1. Cf. l'article « Collecter, formaliser, qualifier et stocker les données pour gérer les patrimoines » (pages 80-85 de ce même numéro).

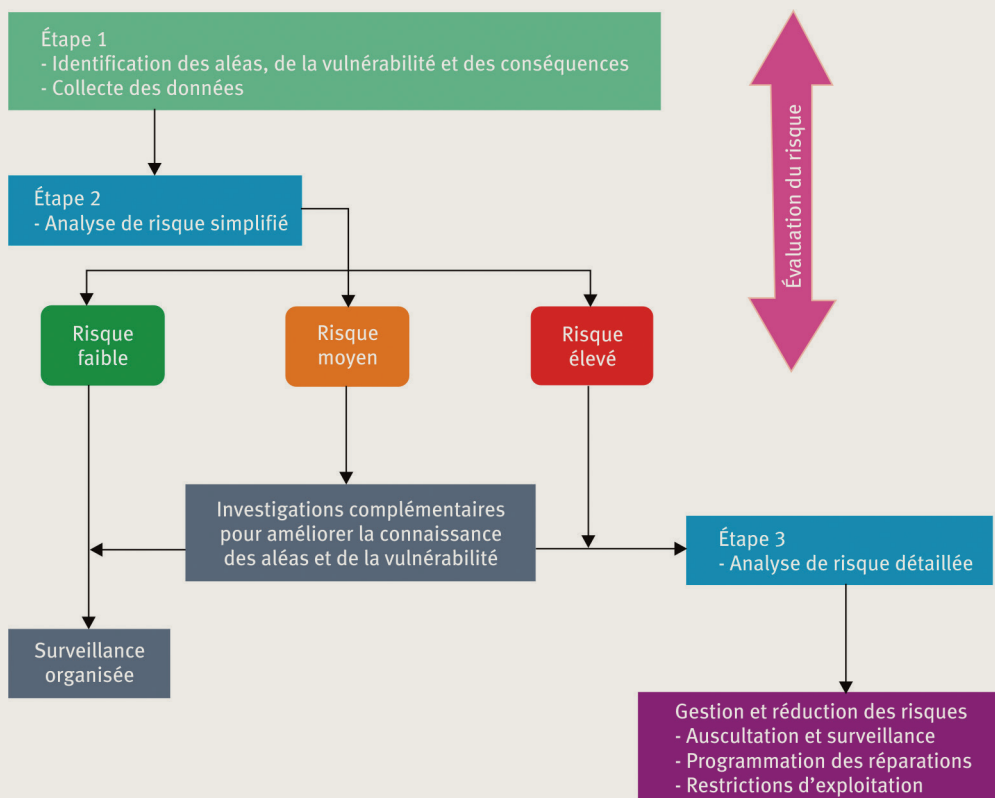
## Caractérisation des enjeux

Les obligations réglementaires d'un barrage catégorisent trois classes (A, B et C) d'ouvrages selon la hauteur (H en m) et le volume (V en millions de m<sup>3</sup>) du réservoir (tableau 1), censées représenter – certes de façon tout à fait imparfaite – les conséquences en cas de rupture. La relative simplicité de ce classement répond à l'exigence d'intelligibilité à laquelle le législateur se doit de satisfaire.

### 1 Classement des barrages (décret n° 2015-526 du 12 mai 2015, ministère de l'Écologie).

Classe de l'ouvrage	Caractéristiques géométriques
A	$H \geq 20$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 1\,500$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel $H \geq 10$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 200$
C	a) Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H \geq 5$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 20$ . b) Ouvrage pour lequel les conditions prévues au a) ne sont pas satisfaites mais qui répond aux conditions cumulatives ci-après : i) $H > 2$ ; ii) $V > 0,05$ ; iii) Il existe une ou plusieurs habitations à l'aval du barrage, jusqu'à une distance par rapport à celui-ci de 400 mètres.

### 2 Méthodologie d'analyse de risques en trois étapes.



La gestion du risque repose sur l'EDD, document obligatoire actualisé tous les dix ans pour les barrages de classe A et tous les quinze ans pour les barrages de classe B, qui doit contenir une étude d'onde de rupture décrivant avec précision les enjeux menacés (nombre de personnes exposées et temps d'arrivée de l'onde).

Pour les ouvrages d'art routiers, l'analyse de risques développée par le Sétra (Sétra, 2011) vise à classer les ouvrages jugés sensibles et identifier ceux nécessitant des investigations complémentaires ou des travaux de renforcement, tout en assurant la sécurité des usagers et l'amélioration de la durabilité des structures traitées. Cette méthodologie implique l'évaluation de trois familles de critères : les aléas, la vulnérabilité et les conséquences (figure 2).

Les enjeux incluent l'importance stratégique de l'itinéraire, le niveau de trafic, la valeur patrimoniale de l'ouvrage et les actions induites comme les travaux de réparation. Le système d'évaluation des conséquences proposé repose sur le calcul de l'indicateur socio-économique du système de gestion des ponts du réseau routier national, LAGORA. L'évaluation des conséquences doit caractériser les désordres pouvant affecter l'aptitude au service et la sécurité structurale. Il est parfois nécessaire d'apprécier les conséquences à une échelle plus large que la section routière concernée, particulièrement pour le risque sismique.

La méthode MEDIREL caractérise les enjeux exposés aux défaillances de canalisations par :

- le coût d'éventuelles réparations,
- la répercussion hydraulique de la rupture d'une canalisation sur l'ensemble du réseau,
- la sensibilité socio-économique de l'environnement de la conduite aux dégâts des eaux,
- l'importance stratégique pour le trafic urbain de la voie impactée.

La gradation de complexité dans la caractérisation des enjeux est notable, entre la méthode relative aux barrages, focalisée sur les enjeux en vies humaines sans considération de coûts, et celle relativement sophistiquée

de MEDIREL, relevant de la seule volonté et des compétences techniques d'un gestionnaire de RE ; la méthode par valorisation sociétale d'OA routiers présente une complexité intermédiaire traduisant une volonté de vulgarisation scientifique auprès de praticiens de niveaux de compétences divers. Les coûts monétarisés tiennent une place importante dans la caractérisation des enjeux exposés aux défaillances d'OA routiers ou de RE.

### Caractérisation de l'aléa

L'EDD d'un barrage formalise l'aléa par une « matrice de criticité » (tableau 2) qui croise :

- la classe de probabilité ( $10^{-2}$  à  $10^{-5}$ ) d'un événement déclencheur d'origine naturelle (essentiellement une crue du cours d'eau alimentant la retenue ou un séisme), ou structurelle (dégradation) ;
- la gravité possible des conséquences d'une défaillance de l'ouvrage (rupture partielle ou totale du barrage, dysfonctionnement de vannes de sécurité), le plus souvent catégorisée en cinq classes, propres aux caractéristiques humaines du talweg aval exposé.

Les cellules de la matrice de criticité sont affectées d'un niveau de criticité, symbolisé par une couleur rouge, orange ou verte, selon l'acceptabilité du risque et, donc, l'urgence d'une action de remédiation.

L'état des différentes parties de l'ouvrage est apprécié par la surveillance visuelle périodique, l'auscultation (ex. : suivi hebdomadaire des pressions interstitielles du remblai), les visites techniques approfondies (tous les ans pour les barrages de classe A) et les examens techniques complets (ETC, tous les dix ans pour les barrages de classe A), qui permettent d'identifier les « potentiels de dangers » pouvant résulter de fragilités de parties de l'ouvrage. Ce travail nécessite le recours à une expertise qualifiée (reconnue au travers d'une procédure d'agrément des bureaux d'études), pouvant reposer sur des résultats de modélisations mécaniques. Les potentiels de dangers sont *in fine* formalisés par des scénarios de défaillance, selon la méthodologie AMDEC (analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité), et localisés dans les cellules de la matrice de criticité.

### 2 Principe de construction d'une matrice de criticité dans le cas des barrages.

			Gravité				
			Mineure	Significative	Sévère	Critique	Catastrophique
Probabilité	Fréquent	A					
	Probable	B					
	Peu probable	C					
	Rare	D					
	Extrêmement rare	E					

	Risque inacceptable, mesures indispensables de réduction du risque
	Risque à surveiller, mesures adaptées de réduction du risque
	Risque acceptable

► L'aléa auquel est exposé un OA routier est la possible manifestation :

- d'un endommagement interne (charges de fatigue, corrosion des armatures...),
- d'un défaut interne initial (défauts de conception ou de construction, matériaux défectueux...) pouvant se révéler ultérieurement dans la vie de l'ouvrage,
- d'un phénomène externe d'origine naturelle (séismes, avalanches, événements climatiques extrêmes...),
- d'un phénomène externe d'origine humaine (incendie, choc de véhicule, surcharge exceptionnelle...).

Il n'est pas toujours possible de disposer de données sur les probabilités d'occurrence et les intensités des aléas. Aussi, il est d'usage de les caractériser par une valeur ou une note subjective (sur la base de jugements d'experts) tenant compte de ces deux paramètres (Sétra, 2011).

L'analyse de risques des OA implique de définir la vulnérabilité en tant que propriété entraînant une sensibilité à une source de risque pouvant induire un événement avec une conséquence. Elle dépend de l'aléa concerné, mais doit aussi être intrinsèque et déterminée vis-à-vis d'un ensemble d'aléas inconnus. Elle est donc la capacité d'une structure à soutenir un certain nombre d'efforts très variés.

Les aléas, la vulnérabilité et les conséquences d'une défaillance éventuelle peuvent être cotés sur la base de jugements d'experts ou de calculs. L'évaluation du risque procède :

- soit en combinant numériquement ces notes, puis en définissant les classes de risque par des intervalles de valeurs ;
- soit en définissant et croisant des classes d'aléas, de vulnérabilité et de conséquences, sous forme de matrices de criticité et de risque (tableau 3).

La méthode MEDIREL, quant à elle, formalise l'aléa de manière probabiliste, à travers l'usage du logiciel Casses,

basé sur un modèle probabiliste de comptage des défaillances. Celui-ci, calé sur le descriptif détaillé des canalisations et l'historique de leurs défaillances, permet de prédire pour toute période à venir un nombre attendu de défaillances selon les caractéristiques de chaque canalisation.

Une première distinction méthodologique, sans doute liée à la criticité des enjeux, peut donc être faite entre :

- les barrages, pour lesquels risque et criticité sont synonymes et formalisés par croisement de l'aléa et des conséquences au sein de la matrice de criticité ;
  - les OA routiers, pour lesquels la distinction entre la vulnérabilité intrinsèque de l'infrastructure aux aléas et les conséquences d'une possible défaillance sur les éléments exposés implique la construction en deux étapes d'une matrice de risque (criticité = aléa X vulnérabilité, puis risque = criticité X conséquences) ;
  - les RE où la considération explicite de la multidimensionalité des enjeux conduit à ne pas formaliser de matrice de criticité.
- Une seconde distinction concerne la caractérisation de l'aléa :
- dépendant fortement d'inspections et auscultations des structures dans le cas des OA (ponts routiers et barrages), et intégrant les aléas naturels ;
  - reposant sur l'observation des défaillances pour les RE, quasiment toujours enterrés et inaccessibles aux investigations.

### Hiérarchisation des actions de maintenance du patrimoine

La « maîtrise » des scénarios de défaillance d'un barrage consiste à créer des « barrières de sécurité », schématisées dans un diagramme en « nœud papillon » (figure 3) dans l'EDD. Ces mesures peuvent être d'ordre organisationnel (les « consignes », document décrivant l'organisation mise en place pour l'exploitation), structurel (travaux

3 Matrices de criticité et de risque dans le cas des ouvrages d'art routiers.

Criticité	Vulnérabilité				
Aléas	Faible	Modérée	Correcte	Élevée	Très élevée
Faibles	C1	C1	C2	C3	C3
Modérés	C1	C2	C2	C3	C3
Assez élevés	C2	C2	C3	C3	C4
Élevés	C3	C3	C3	C4	C4
Très élevés	C3	C3	C4	C4	C4

Risque	Criticité			
Conséquences	Faible	Moyenne	Élevée	Très élevée
Normales	R1	R1	R2	R3
Élevées	R1	R1	R2	R3
Très élevés	R1	R2	R3	R3

d'amélioration, de grosse maintenance ou de confortement) ou bien de prestations intellectuelles (actualisation de l'étude hydrologique, de l'étude de stabilité...). Les actions de réduction du risque sont assorties d'un calendrier sur lequel s'engage l'exploitant (typiquement actions à réaliser immédiatement, sous un an, sous trois ans, dans les dix ans). En cas de carence de ce dernier, les pouvoirs publics peuvent imposer des mesures conservatoires (par exemple, vider partiellement ou totalement la retenue).

La programmation des travaux de maintenance des OA routiers distingue :

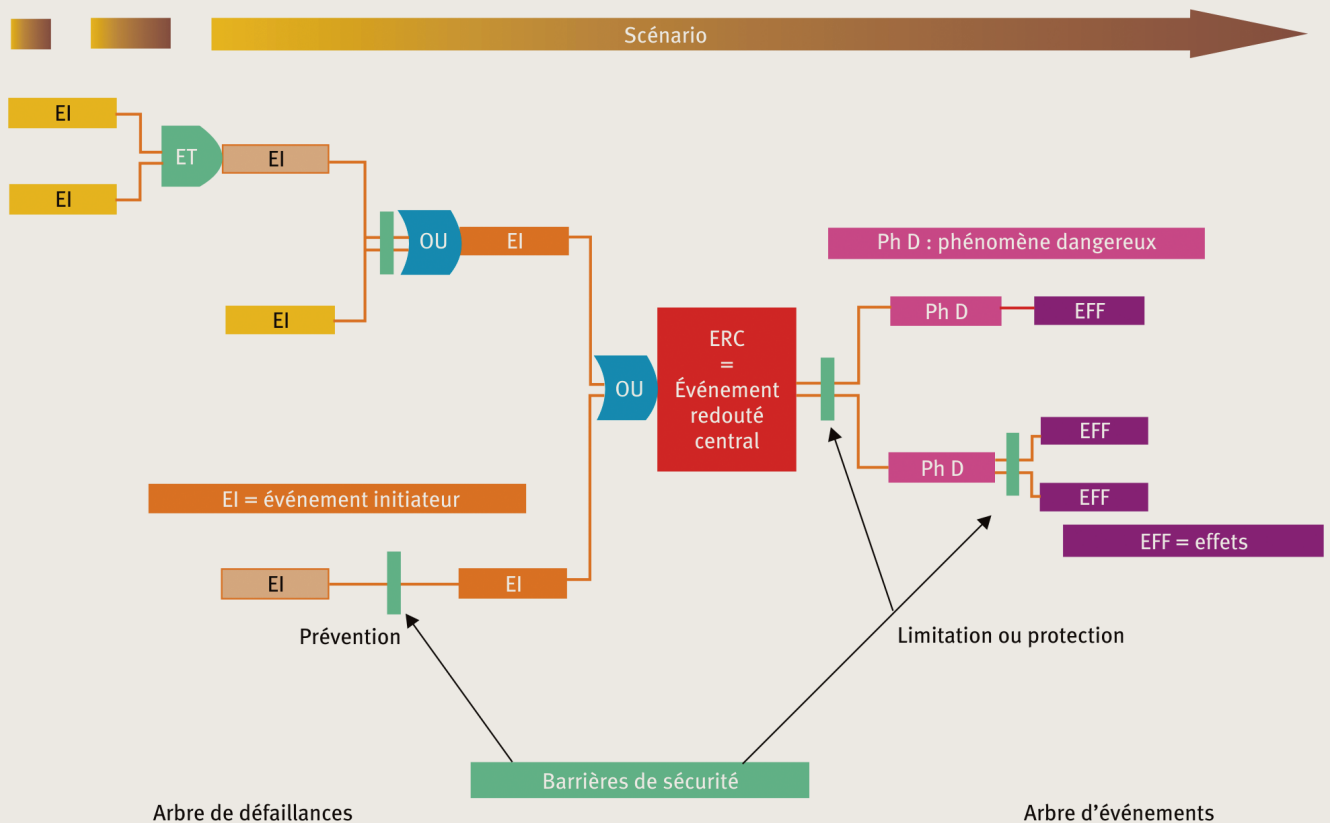
- les actions urgentes pour impératifs de sécurité des ouvrages, à mettre en œuvre « coûte que coûte »,
- les actions à caractère patrimonial, laissant une marge de manœuvre temporelle, et donc susceptibles de hiérarchisation.

Cette hiérarchisation se fonde sur la valeur sociétale des ouvrages et le coût des actions susceptibles de l'accroître. Les travaux candidats peuvent ainsi être priorisés selon un critère synthétique de risque, la variation de valeur sociétale qu'ils sont censés engendrer, rapportée à leur coût, dans une logique de « rentabilité patrimoniale ». Pour les ouvrages sensibles, la méthodologie du Sétro est un processus en trois étapes, illustré par la figure 2. Les deux premières étapes (collecte des don-

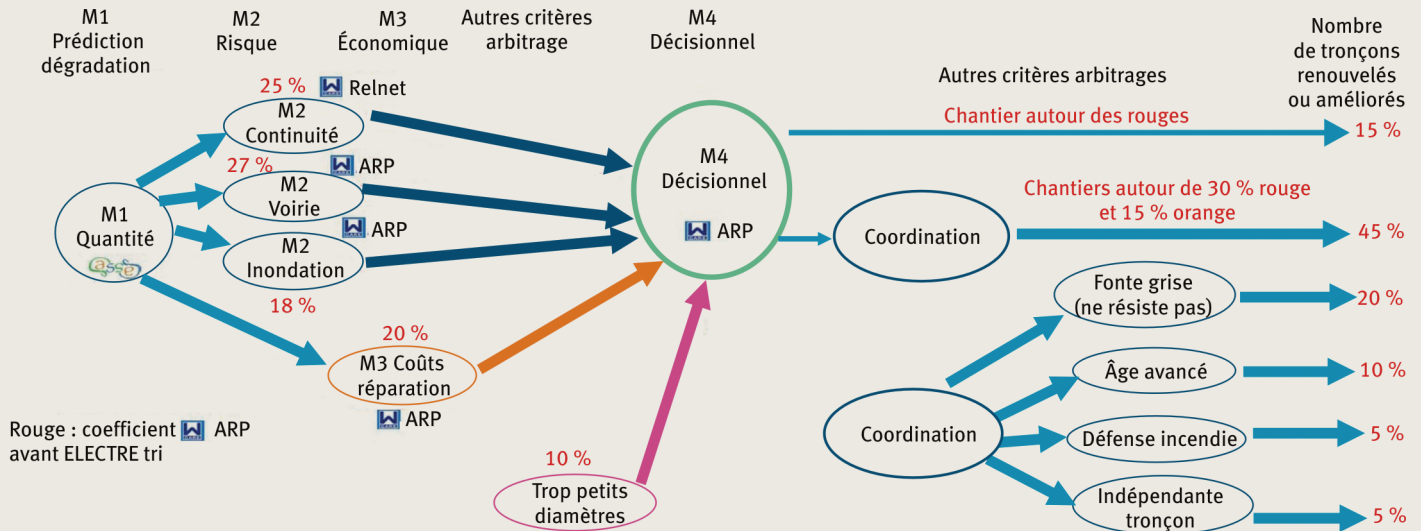
nées et analyse de risques simplifiée) forment ce que l'on appelle le dépistage des risques (*risk screening*). Ceci consiste à classer les ouvrages en trois groupes, ceux qui continueront à être inspectés suivant les procédures de surveillance classique (dite de surveillance organisée), ceux qui nécessitent des investigations complémentaires (pour les aiguiller vers le premier ou le dernier groupe), et enfin ceux qui requièrent une analyse de risques détaillée. Le dépistage des risques vise à réduire le nombre d'ouvrages concernés par des investigations détaillées. L'analyse de risques détaillée doit permettre d'optimiser le programme de surveillance, les calculs complémentaires à réaliser et les solutions de réduction du risque (réparation, renforcement...).

Une spécificité importante des RE réside dans le poids des contraintes d'aménagement et d'évolution du territoire, et de la coordination avec les travaux de voirie ou sur réseaux tiers enterrés, dans la programmation des rénovations de canalisations (figure 4). La méthode MEDIREL permet de prioriser les canalisations candidates aux rénovations selon le risque afférent à leur défaillance éventuelle. Viennent ensuite se greffer à ces aspects techniques et économiques les notions de coordination et de réaménagement du territoire, qui bousculent les priorités et obligent à renouveler des tronçons pas toujours problématiques.

### 3 Représentation des scénarios de défaillance sous forme de « nœud papillon ».



## 4 Schéma décisionnel de la méthode MEDIREL (d'après la thèse d'Aurore Large, 2015).



► La méthode MEDIREL utilise la méthode de hiérarchisation multi-critères Electre Tri. Les critères sont :

- le coût annuel de réparation, estimé comme le nombre moyen de défaillances attendu pour une période à venir donnée (généralement cinq ans, échelle de discussion pour la programmation de chantier), multiplié par un coût unitaire de réparation dépendant des caractéristiques de la conduite (matériau, diamètre) et de son environnement (difficulté d'intervention) ;
- l'interruption de service, produit du nombre moyen de défaillances attendu par le temps moyen d'interruption du service par défaillance, et par le volume d'eau non distribué par unité de temps d'interruption ;
- les dégâts potentiels aux tiers, prenant en compte le nombre moyen de défaillances, le diamètre de la conduite, la pression de service et la sensibilité des biens et infrastructures à proximité ;
- la perturbation du trafic, produit du nombre moyen de défaillances attendu par un coefficient exprimant l'importance stratégique de la voie impactée ;
- le sous-dimensionnement de la conduite (diamètre insuffisant au regard de l'accroissement de la densité en usagers de la zone desservie).

Trois de ces critères dépendent du nombre moyen de défaillances attendu, et relèvent donc véritablement du risque de défaillance. À noter que Electre Tri est une méthode par sur-classement qui pondère les critères sans hiérarchiser selon leur somme pondérée. La gradation de complexité entre les méthodologies de priorisation des actions – classement graphique pour les barrages, hiérarchisation sur un critère synthétique pour les OA routiers, méthode multi-critères pour les RE – répond à celle relevée plus haut concernant la caractérisation des enjeux.

## Conclusion

Les trois exemples considérés par notre analyse des méthodologies de priorisation des actions de maintenance du patrimoine montrent l'importance paradigmatique de la notion de risque, comme produit de l'aléa et de l'impact potentiel. Il est à remarquer que la monétarisation occupe une place très différente selon la criticité des infrastructures :

- jamais au premier plan dans le cas des barrages à criticité très élevée,
- centrée sur la valeur du patrimoine pour les OA routiers,
- focalisée sur le coût de l'impact, dans le cas des RE dont la criticité est plus faible. ■

## Les auteurs

### Christian CREMONA

Bouygues Construction  
1 avenue Eugène Freyssinet  
Saint-Quentin-en-Yvelines, F-78061 Guyancourt  
✉ [c.cremona@bouygues-construction.com](mailto:c.cremona@bouygues-construction.com)

### Yves LE GAT

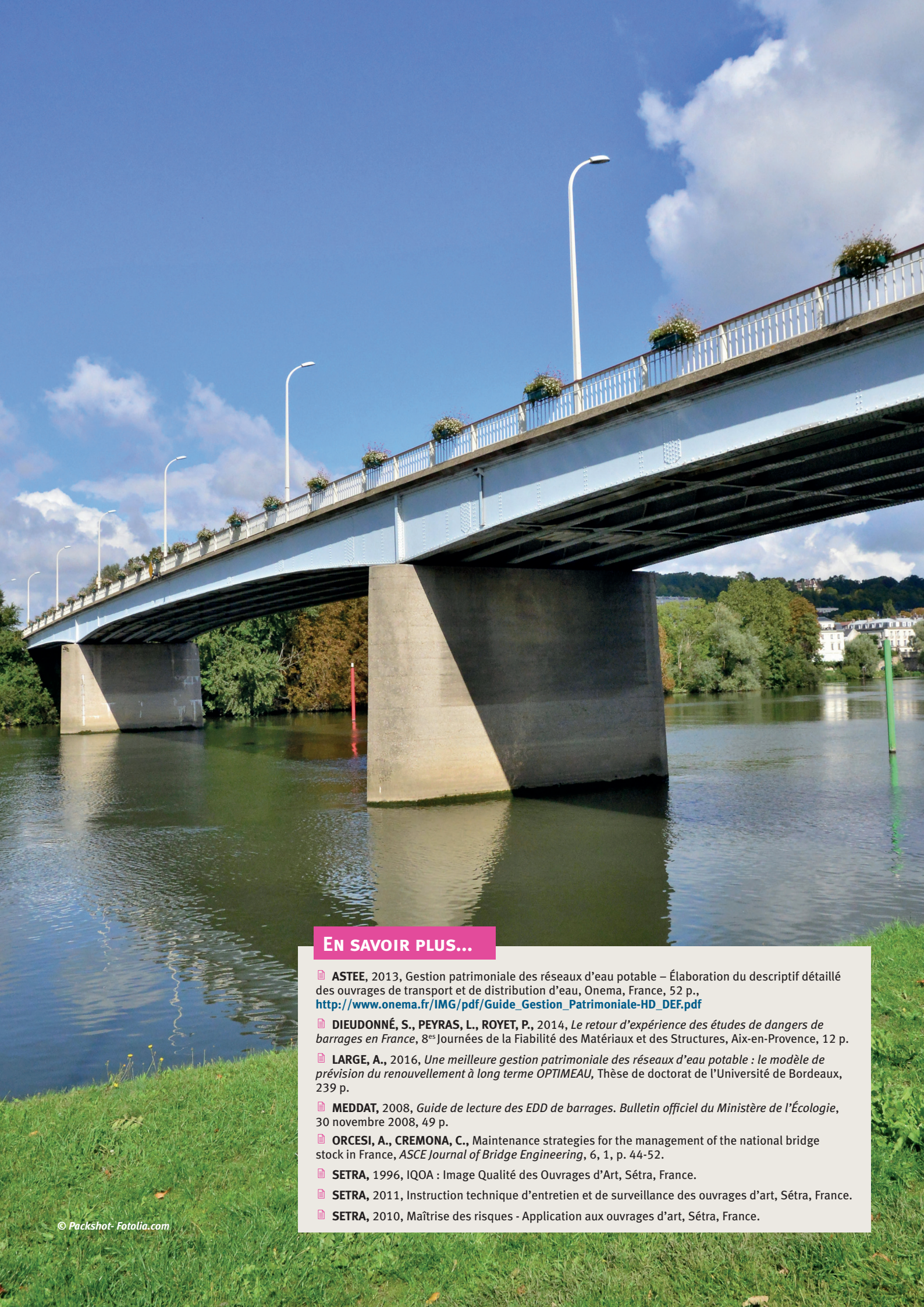
Irstea, UR ETBX, centre de Bordeaux,  
F-33612 Cestas Cedex, France.  
✉ [yves.le-gat@irstea.fr](mailto:yves.le-gat@irstea.fr)

### Paul ROYET

Irstea, UR RECOVER,  
F-13182 Aix-en-Provence Cedex 5, France.  
✉ [paul.royet@irstea.fr](mailto:paul.royet@irstea.fr)

### Christelle SANZ

Service de l'eau de Lausanne,  
Rue de Genève 36, Case postale 7416,  
1002 Lausanne, Suisse  
✉ [christelle.sanz@lausanne.ch](mailto:christelle.sanz@lausanne.ch)



## EN SAVOIR PLUS...

- ▣ **ASTEE**, 2013, *Gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable – Élaboration du descriptif détaillé des ouvrages de transport et de distribution d'eau*, Onema, France, 52 p., [http://www.onema.fr/IMG/pdf/Guide\\_Gestion\\_Patrimoniale-HD\\_DEF.pdf](http://www.onema.fr/IMG/pdf/Guide_Gestion_Patrimoniale-HD_DEF.pdf)
- ▣ **DIEUDONNÉ, S., PEYRAS, L., ROYET, P.**, 2014, *Le retour d'expérience des études de dangers de barrages en France*, 8<sup>es</sup> Journées de la Fiabilité des Matériaux et des Structures, Aix-en-Provence, 12 p.
- ▣ **LARGE, A.**, 2016, *Une meilleure gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable : le modèle de prévision du renouvellement à long terme OPTIMEAU*, Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux, 239 p.
- ▣ **MEDDAT**, 2008, *Guide de lecture des EDD de barrages. Bulletin officiel du Ministère de l'Écologie*, 30 novembre 2008, 49 p.
- ▣ **ORCESI, A., CREMONA, C.**, Maintenance strategies for the management of the national bridge stock in France, *ASCE Journal of Bridge Engineering*, 6, 1, p. 44-52.
- ▣ **SETRA**, 1996, *IQOA : Image Qualité des Ouvrages d'Art*, Sétra, France.
- ▣ **SETRA**, 2011, *Instruction technique d'entretien et de surveillance des ouvrages d'art*, Sétra, France.
- ▣ **SETRA**, 2010, *Maîtrise des risques - Application aux ouvrages d'art*, Sétra, France.