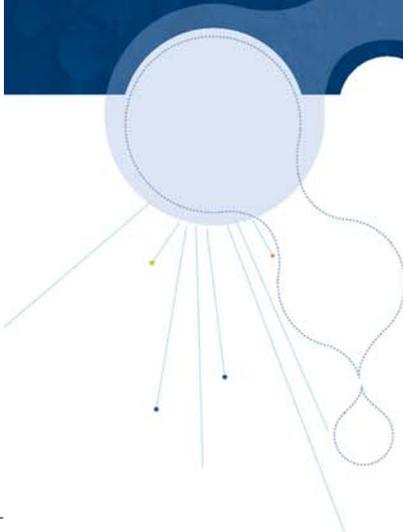


Réseau Régional des Gestionnaires  
de **MILIEUX AQUATIQUES**  
PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR



**LA GESTION  
DES DIGUES DE PROTECTION  
CONTRE LES INONDATIONS**

**Agence Régionale Pour l'Environnement • Aix-en-Provence**



**Cette publication fait suite à une journée d'information organisée en juillet 2006 par le Réseau Régional des Gestionnaires de Milieux Aquatiques de Provence-Alpes-Côte d'Azur sur la gestion de digues de protection contre les inondations.**

### **Rappel du contexte**

Une démarche est en cours, au plan national, afin de renforcer la sécurité des digues de protection dont la rupture ou la submersion éventuelle aurait des conséquences graves sur la sécurité des personnes.

Le propriétaire des digues est pleinement responsable, tant au civil qu'au pénal, des dommages qui peuvent être occasionnés par l'ouvrage, du fait de leur exploitation, comme en cas de défaillance (articles 1382 à 1384 et 1386 du code civil). Pour les ouvrages intéressant la Sécurité Publique, l'Etat met en œuvre un contrôle plus approfondi du suivi de ces ouvrages. Ce contrôle est notifié au propriétaire sous la forme d'un arrêté préfectoral de prescriptions.

Des études, diagnostics et des travaux ainsi que la mise en œuvre d'un programme de surveillance et d'entretien seront à réaliser par le gestionnaire de la digue pour le compte des propriétaires de l'ouvrage. Les structures gestionnaires de rivières (syndicat intercommunaux..) peuvent ainsi être amenées à assurer la maîtrise d'ouvrage de travaux sur des ouvrages dont elles ne sont pas propriétaire (intervenant sur des terrains ou des ouvrages communaux ou voire privés).

En Provence Alpes Côte d'Azur, environ 1600 km de digues sont recensés. A ce jour, quelques dizaines de tronçons ont déjà donné lieu à des arrêtés préfectoraux de prescription, d'autres sont en cours d'élaboration.

A terme, plus de la moitié des ouvrages recensés sont amenés à faire l'objet d'un arrêté en tant qu'ouvrage intéressant la sécurité publique. Il s'agit donc du début d'un travail conséquent et qui devra nécessairement impliquer les acteurs des rivières concernées.

# Sommaire

## La gestion des digues de protection contre les inondations

Juillet 2006 • Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône)

### 1<sup>re</sup> PARTIE – CADRE RÉGLEMENTAIRE DE LA GESTION DES DIGUES DE PROTECTION CONTRE DES INONDATIONS

NICOLAS MONIÉ • MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE / DIRECTION DE L'EAU

- 1 Cadre général
- 2 Les rôles et responsabilité des différents acteurs
  - Le rôle des riverains
  - Le rôle de celui qui à la charge de l'ouvrage
  - Le rôle des collectivités territoriales
  - L'État préserve le libre écoulement des eaux et garantit la sécurité publique
  - L'État (comme les collectivités territoriales) peut, mais n'a pas d'obligation d'intervenir financièrement

### L'EXPÉRIENCE DE LA DIRECTION DÉPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORÊT DU VAUCLUSE

DOMINIQUE CHATILLON • DDAF VAUCLUSE

#### INTERVENTIONS EN SALLE : DISCUSSIONS ET DÉBATS

### 2<sup>de</sup> PARTIE – DIGUES : COMMENT ÉVITER UNE RUPTURE : PRÉSENTATION DES MODALITÉS DE SURVEILLANCE, D'ENTRETIEN ET DE DIAGNOSTIC DES DIGUES DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS

RÉMY TOURMENT • CEMAGREF (AIX-EN-PROVENCE) UNITÉ DE RECHERCHES "OUVRAGES HYDRAULIQUES ET HYDROLOGIE"

- 1 Les risques liés aux digues
- 2 Le diagnostic, une phase essentielle
  - Cas de la surverse
  - Cas de l'érosion interne
  - L'érosion externe et les affouillements
  - La rupture d'ensemble (phénomènes de glissements et de poussée)
- 3 La surveillance et l'entretien
  - Le rôle du gestionnaire
  - L'exemple d'organisation du SYMADREM

#### INTERVENTIONS EN SALLE : DISCUSSIONS ET DÉBATS

### 3<sup>de</sup> PARTIE – GESTION DE LA VÉGÉTATION DES BERGES ET DIGUES SOUS CONTRAINTE DE SÉCURITÉ

MICHEL VENNETIER • CEMAGREF (AIX-EN-PROVENCE) UNITÉ DE RECHERCHES "ÉCOSYSTÈMES MÉDITERRANÉENS ET RISQUES"

- 1 Gestion de la végétation
- 2 Perspectives du travail réalisé par le Cemagref

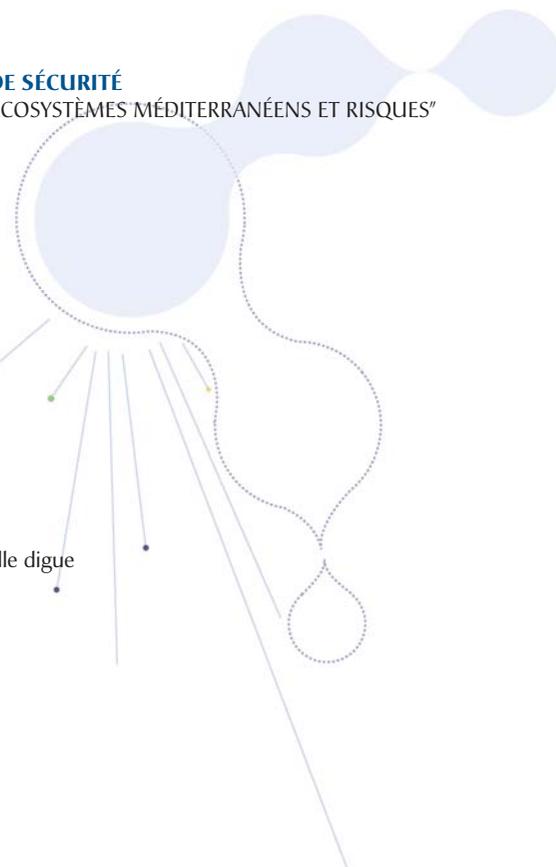
#### INTERVENTIONS EN SALLE : DISCUSSIONS ET DÉBATS

### 4<sup>de</sup> PARTIE – DIAGNOSTIC D'UNE DIGUE : LA DIGUE DE VIZILLE

PATRICK LEDOUX • DHACE/HYDRAULIQUE-CETE MÉDITERRANÉE

- 1 Contexte de l'étude
- 2 Les étapes du diagnostic
  - L'étude historique
  - L'étude morphodynamique
  - La topographie
  - L'hydraulique
  - L'inspection visuelle (phase de préparation)
  - Les recommandations pour la déviation de Péage de Vizille qui remplacera l'actuelle digue
  - Les reconnaissances géotechniques
  - Les modélisations
  - La hiérarchisation des risques pour chaque section homogène
  - Avant Projet des travaux de confortement
  - Plan de gestion et d'entretien de la digue
  - Notion de coût de l'étude

#### INTERVENTIONS EN SALLE : DISCUSSIONS ET DÉBATS



# 1<sup>e</sup> Partie

## Cadre réglementaire de la gestion des digues de protection contre des inondations

*Nicolas Monié*

*Ministère de l'Écologie*

*et du Développement Durable - Direction de l'eau*



### Cadre général

Les crues désastreuses de 1994 sur le Rhône, de 1999 dans l'Aude, de 2002 et 2003 dans le sud-est de la France ont démontré la fragilité de nombreuses digues de protection contre les inondations et l'aggravation des dommages que leur rupture peut entraîner (décès dans l'Aude en 1999 et dans le Gard en 2002).

Près de 10000 km de digues sont recensés en France et gérés par environ un millier de gestionnaires différents.

Le constat d'un manque de surveillance et d'un entretien par leur propriétaire est flagrant.

Les riverains, les communes et l'État ont une responsabilité en matière de prévention des inondations.

Face à ce constat, une commission spécialisée du CGPC (Conseil Général des Ponts et Chaussées) et du CGGREF (Conseil Général du Génie Rural, des Eaux et des Forêts) réunie en septembre 1997 a initié plusieurs types d'actions :

- le recensement complet des digues, avec pour objectif : de s'intéresser aux ouvrages, leur gestionnaire, les enjeux,
- de réaliser un guide de surveillance,
- de préparer une circulaire interministérielle, définissant clairement les responsabilités respectives de l'État et des maîtres d'ouvrages, ainsi que les modalités de surveillance et de contrôle.

Le contrôle de la sécurité des digues de protection contre les inondations fait désormais partie des priorités du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD). La politique du MEDD en matière de prévention des inondations a deux objectifs principaux : préserver les vies humaines et réduire les dommages.

La circulaire du 28 mai 1999 relative au recensement des digues impose de recenser toutes les digues y compris maritimes et traite de l'organisation du recensement par les Missions Inter Service de l'Eau (MISE), recensement par les services de police de l'eau et les services maritimes. Il s'agit de recueillir les informations au sein d'une base de données pérenne.

Des textes réglementaires encadrent l'intervention des services chargés de la police de l'eau dans le domaine de la sécurité

publique. En particulier, l'article L 214-3 du code de l'environnement (article 10 de la loi sur l'eau) prévoit que les installations, ouvrages, travaux et activités susceptibles de présenter des dangers pour la santé et la sécurité publique, de nuire au libre écoulement des eaux, ou d'accroître notablement le risque d'inondation, sont soumis à autorisation de l'autorité administrative. Ce même article prévoit que l'autorisation peut être retirée ou modifiée, sans indemnité de la part de l'État exerçant ses pouvoirs de police, pour prévenir ou faire cesser les inondations ou en cas de menace pour la sécurité publique ou lorsque les ouvrages ou installations sont abandonnés ou ne font plus l'objet d'un entretien régulier.

Le décret 2002-202 du 13 février 2002 modifiant le décret 93-743 introduit à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration, la rubrique 2.5.4 "installations, ouvrages, digues ou remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau", inscrivant ainsi le contrôle de la sécurité des digues dans le cadre de la police de l'eau.

La circulaire du 6 août 2003 est relative à l'organisation du contrôle des digues de protection contre les inondations. Elle s'applique à toutes les digues de protection de débordements de cours d'eau et aux aménagements de ralentissement dynamique Intéressant la Sécurité Publique (ISP), quels que soit les propriétaires des digues, quel que soit le statut juridique du cours d'eau et ce en 3 étapes :

- l'identification des digues Intéressant la Sécurité Publique ISP,
- l'identification des maîtres d'ouvrages,
- la prise de prescriptions par arrêté et contrôle par des visites.

Cet arrêté de prescription et de contrôle est un arrêté préfectoral, au titre du code de l'environnement, reconnaissant que la digue est susceptible de mettre en danger directement ou indirectement les personnes, qui impose la surveillance et l'entretien de l'ouvrage.

Il formalise les obligations du responsable de l'ouvrage (Code civil). Il impose l'entretien régulier et la surveillance périodique par le responsable ainsi que des visites de contrôle par le service de police de l'eau.

## Les rôles et responsabilités des différents acteurs

### Le rôle des riverains

Ils ont la charge légale de la protection de leur propriété : "Lorsqu'il s'agira de construire des digues à la mer, ou contre les fleuves, rivières ou torrents navigables ou non navigables, la nécessité en sera constatée par le Gouvernement et la dépense supportée par les propriétés protégées, dans la proportion de leur intérêt aux travaux, sauf le cas où le Gouvernement croirait utile et juste d'accorder des secours sur les fonds publics." (Art. 33 de la loi de 1807 sur l'assèchement des marais).

L'ordonnance 2004-632 du 1<sup>er</sup> juillet 2004 (ex loi de 1865) leur permet pour cela de se regrouper en associations syndicales qui peuvent être des Établissements Publics à caractère Administratif (E.P.A).

S'ils sont propriétaires de la digue, ils ont les responsabilités civiles de tout propriétaire conformément aux articles 1382 à 1384 et 1386 du code civil.

### Le rôle de celui qui a la charge de l'ouvrage

Sa responsabilité civile peut être engagée en cas de faute, de négligence, d'imprudence ou même sans faute, du fait des personnes dont on doit répondre et des choses que l'on a sous sa garde.

Elle peut l'être également pour les dommages causés par la ruine de son ouvrage, lorsqu'elle est arrivée par suite d'un défaut d'entretien ou par vice de construction.

Il est indispensable de préciser les responsabilités entre propriétaire et maître d'ouvrage avant les travaux.

Le maître d'ouvrage des travaux de confortement ou d'entretien devient responsable de la garde de l'ouvrage s'il n'est pas prévu que l'entretien et l'exploitation soient remis au(x) propriétaire(s) du fonds après les travaux.

Si un maître d'ouvrage intervient ponctuellement pour le compte d'un propriétaire avec un objectif de décharge de responsabilité, les obligations respectives de chacun doivent explicitement être réglées et prévues lors de l'enquête publique. La convention doit permettre d'apporter toute garantie tant au propriétaire sur la qualité des travaux, qu'au maître d'ouvrage sur sa responsabilité à l'issue de ceux-ci.

### Le rôle des collectivités territoriales

Les collectivités territoriales doivent prévenir et organiser la lutte contre les inondations. Plus précisément, elles ont "le soin de prévenir, par des précautions convenables, et de faire cesser, par

la distribution des secours nécessaires, (...) les inondations, les ruptures de digues (...)" (art. 2212-2 du Code général des collectivités territoriales).

Les collectivités territoriales, leur groupement et les syndicats mixtes sont habilités à entreprendre des études, des exécutions, des exploitations de travaux, actions, ouvrages ou installations visant la défense contre les inondations et la mer, dont les ouvrages hydrauliques existants. Ils sont également habilités à faire participer financièrement les personnes qui bénéficient de la protection ou qui la rendent nécessaire (L.211-7 du code de l'environnement).

Elles doivent refuser ou assortir de prescriptions les permis de construire en cas d'atteinte à la salubrité, ou à la sécurité publique (R.111-2 du code de l'urbanisme).

### L'État préserve le libre écoulement des eaux et garantit la sécurité publique

Le rôle de l'état est notamment identifié par :

- la Loi sur l'eau de 1992, art. 2, devenue L 211-1 du code de l'environnement. Cet article concerne la préservation de la sécurité civile, de la conservation et du libre écoulement des eaux et de la lutte contre les inondations,
- les rubriques 2.5.0 ; 2.5.3 ; 2.5.4 de la nomenclature loi sur l'eau. Il concerne la modification des profils de la rivière, ouvrage constituant un obstacle à l'écoulement des crues, barrage, remblais, digues,
- la circulaire du 6 août 2003 relative à l'organisation du contrôle des digues de protection contre les inondations.

### L'État (comme les collectivités territoriales) peut, mais n'a pas d'obligation d'intervenir financièrement

Ceci en référence à la loi de 1807 sur l'assèchement des marais Art. 33 : "Lorsqu'il s'agira de construire des digues à la mer, ou contre les fleuves, rivières ou torrents navigables ou non navigables, la nécessité en sera constatée par le Gouvernement et la dépense supportée par les propriétés protégées, dans la proportion de leur intérêt aux travaux, sauf le cas où le Gouvernement croirait utile et juste d'accorder des secours sur les fonds publics."

## L'expérience de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Vaucluse

**Dominique Chatillon**

**Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de Vaucluse**



En Vaucluse, 453 km de digues sont recensées dont environ la moitié sur du "non domanial".

Ce linéaire a été analysé en fonction des critères d'évaluation suivants :

- définition de la zone à considérer : zone de proximité immédiate d'habitation à l'arrière de la digue (selon les zones rouge du PPR), ou zone protégée par la digue,
- analyses des enjeux présents dans cette zone,
- étant donné les délais de mise en œuvre sur l'ensemble du linéaire concerné, l'analyse intègre également une notion de priorité dans la programmation des zones "à classer".

Les ouvrages de moins de 1 mètre de hauteur par rapport au Terrain Naturel (T.N) n'ont pas été pris en compte.

Il est ressorti qu'environ un tiers du linéaire recensé est jugé comme intéressant la sécurité publique.

Le classement par priorités est défini selon les critères du tableau suivant :

Enjeux présents dans la zone de sécurité	Enjeux présents dans la zone protégée	Classement sécurité publique	Priorité	Année
<b>Habitat groupé ERP Camping</b>	Habitat groupé, ERP	oui	1	2006
	Habitat diffus	oui	1	2006
	Habitat isolé	oui	1	2006-2007
<b>Habitat diffus</b>	Habitat groupé, ERP	oui	2	2007
	Habitat diffus	oui	3	2008-2009
	Habitat isolé	oui	4	2009-2010
<b>Habitat isolé</b>	Habitat groupé, ERP	oui	3	2008
	Habitat diffus	oui	4	2009-2010
	Habitat isolé	non		
<b>Absence de présence humaine</b>	Habitat groupé, ERP	oui	4	
	Habitat diffus	non		
	Habitat isolé	non		

L'objectif étant de traiter, dans la mesure du possible, l'ensemble des priorités 1 d'ici fin 2007.

Sur les cours d'eau non domaniaux, la quasi-totalité des digues est implantée sur des propriétés privées....

De plus, de nombreuses digues sont très anciennes. L'identification d'un propriétaire est donc rendue difficile. Le plus souvent, il n'existe pas de texte établissant la construction de la digue par une structure publique: associations syndicales de propriétaires (ASP), commune....

Le propriétaire du foncier est alors réputé être le propriétaire de l'ouvrage. Cependant, il existe bien souvent une multiplicité des propriétaires pour un même ouvrage et beaucoup sont des propriétaires privés auxquels il est souvent difficile d'envisager de confier la gestion des ouvrages.

Dans le cas de communes, un même ouvrage peut avoir plusieurs propriétaires ou chaque rive peut concerner une commune différente. Il semblerait alors plus cohérent que le cours d'eau et l'ouvrage aient le même gestionnaire.

Les structures intercommunales gestionnaires du bassin versant apparaissent donc bien plus indiquée pour en assurer une gestion cohérente, à l'exception de certains ouvrages "privés" protégeant une seule habitation ou activité et construite par le propriétaire (par exemple : le "mur" protégeant l'école de Vaison, le "mur" protégeant le lycée d'Apt, la digue du camping de Visan...) ainsi que les voies de communication (gestion par le conseil général, Réseau Ferré de France, Autoroutes du Sud de la France ...).

La démarche de diagnostic a été menée, dans le Vaucluse, avec une large part consacrée à l'explication de la méthode utilisée auprès des acteurs concernés.

La procédure aboutit cependant à un arrêté unilatéral, qui désigne le maître d'ouvrage et le charge de l'entretien et de la surveillance. Pour des structures de gestion désignées comme maître d'ouvrage, les conséquences sont importantes. La charge qui leur est ainsi imposée est très conséquente en terme financier et humain.

La mise en œuvre de l'entretien et de la surveillance comprendra notamment :

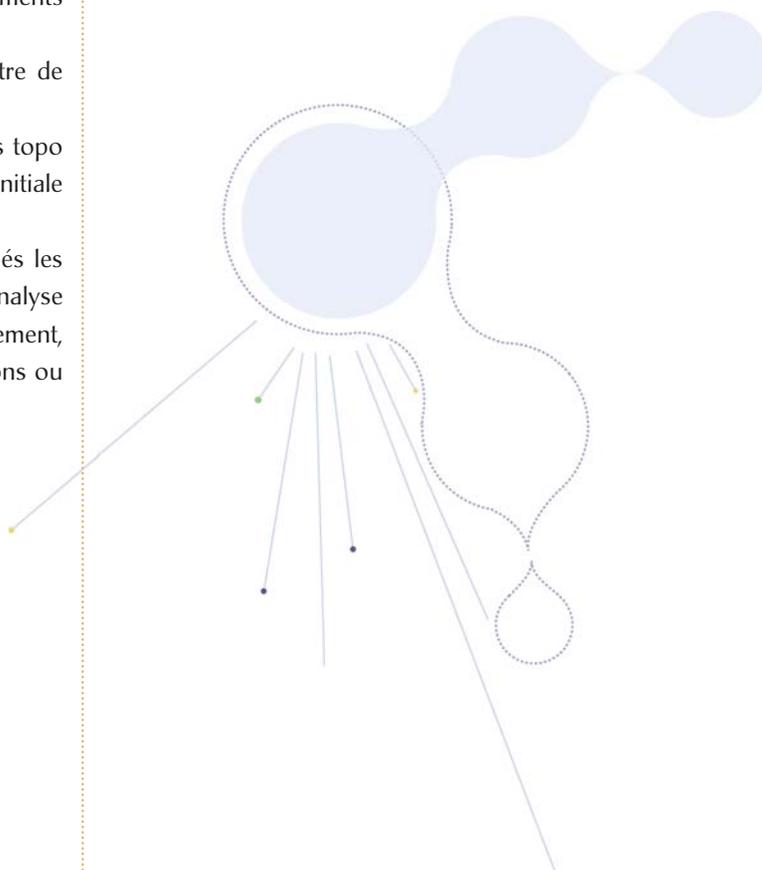
- la surveillance de l'ouvrage (tenue d'un registre de la digue, établissement et suivi de consignes de surveillance, visite annuelle, inspection post-crue... visite décennale renforcée...),

- l'amélioration de la connaissance de l'ouvrage (levé topographique de la digue et des ouvrages annexes, expertise géotechnique, analyse hydraulique...),
- la mise en œuvre de programme de confortement si nécessaire.

D'un point de vue foncier, la mise en œuvre de cette gestion peut passer soit par des acquisitions, soit par l'établissement de servitudes au bénéfice du gestionnaire pour surveillance, entretien et travaux de confortement, par voie amiable ou après Déclaration d'Utilité Publique (DUP) ou encore par inscription aux hypothèques.

En ce qui concerne les délais de la mise en œuvre :

- à partir de la notification de l'arrêté sont organisés une pré-visite avec le service de contrôle ainsi que des réunions d'info avec les propriétaires,
- dans les quelques mois (4 mois environ) qui suivent, un dossier ouvrage doit être constitué (réunissant les documents existants),
- dans les 6 mois sont établis les consignes et le registre de surveillance.
- environ 1 an après notification seront effectués les levés topo de la digue et des ouvrages annexes ainsi qu'une visite initiale de l'ouvrage par le service de contrôle,
- dans les deux ans suivants la notification, sont effectués les diagnostics hydraulique et géotechnique ainsi que l'analyse des risques et la définition d'un programme de confortement,
- En ce qui concerne les dispositions foncières (acquisitions ou servitudes), elles auront lieu dans les trois ans.



## Interventions en salle : discussions et débats



La charge de travail actuelle des syndicats gestionnaires de rivières est déjà constituée de nombreuses démarches en cours relativement lourdes (type Plan de Prévention des Risques...).

La charge supplémentaire que représente la prise en compte de ces arrêtés ne peut être supportée et réalisée correctement avec les moyens humains et financiers actuels. L'exemple est donné de coûts liés à l'entretien des digues qui serait confié à une structure atteignant 4 fois le montant du budget de l'ensemble des autres programmations en cours.

De plus, si les maîtres d'ouvrages (gestionnaires) doivent être les syndicats de rivière, cela nécessitera aussi de modifier les statuts de la plupart des structures pour mettre en adéquation leurs compétences avec ces nouvelles missions.

Il peut être envisageable que le syndicat de rivière soit gestionnaire mandaté mais pas maître d'ouvrage direct (propriétaire). C'est d'ailleurs ce qui se passe aujourd'hui avec certaines communes qui acquièrent le foncier et qui mandatent le syndicat de rivière pour réaliser des travaux (exemple du Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance).

Au final c'est la commune qui paye et décide au cas par cas. Pour sa part le syndicat accepte d'investir en matière d'expertise technique, de suivi ... "Dans ce cas-là, si la commune décide d'arrêter de payer, c'est elle qui est responsable et pas le syndicat de rivière".

Il est cependant rappelé que lorsque la structure effectue des travaux sur un ouvrage pour la commune elle reste responsable vis-à-vis des travaux effectués...

La démarche de gestion des digues ISP présentée "n'a pas de faille" d'un point de vue juridique mais apparaît malheureusement aux yeux des gestionnaires de milieux aquatiques déconnectée de la réalité des moyens des structures de gestion.

Les participants soulignent les trop faibles concertations de l'Etat avec les gestionnaires. Les démarches d'explications de la méthode qui ont été menées apparaissent insuffisantes.

Les arrêtés qui désignent le gestionnaire sont des arrêtés unilatéraux (cas du Vaucluse). Ils peuvent être contrés par une structure qui refuserait sa désignation comme gestionnaire dans l'arrêté par un recours au tribunal administratif (ce n'est pas le cas des propriétaires).

Il est précisé que la nomenclature considère qu'une digue est déclarée comme telle à partir du moment où l'ouvrage dépasse 50cm. La DDAF du Vaucluse dans le travail qu'elle a menée a choisi de considérer initialement ce seuil à 1 mètres (considérant que ce paramètre n'était pas suffisamment restrictif étant donné le nombre d'ouvrage et que la rupture d'une digue de moins d'un mètres a, à priori moins de conséquences graves sur la sécurité publique). Dans les Hautes-Alpes c'est le seuil de 50 cm qui a été utilisé.

"Il faut également se poser la question du type d'ouvrages que l'on souhaite faire entretenir par les gestionnaires. En effet, il paraît insensé de vouloir conserver des digues qui ont été identifiées comme désuètes ou à détruire suite à des états des lieux."

Autres points soulevés :

- "L'Etat ne pourrait-il pas se positionner directement comme propriétaire des digues en tant que responsable de la sécurité civile ?" :
  - ▶ A cela, il est rappelé, que la première responsabilité est la responsabilité civile du propriétaire (cf. Code civil).
  - ▶ L'Etat assure l'entretien des digues dont il est propriétaire. Mais il n'a pas vocation à être propriétaire de digues. L'Etat assure également un rôle de contrôle de la sécurité en faisant respecter ses obligations aux responsables de l'ouvrage. Il se trouve lui aussi confronté à un manque de moyens. Il est important de définir les modalités d'implication financière des propriétaires.
  - ▶ Le montage d'une Déclaration d'Intérêt Général (DIG) est une démarche qui s'avère complexe et n'apportant pas de réelle solution.
  - ▶ Des pistes de réflexion sont lancées (partenariat public/privé, redevances reversées aux gestionnaires...) mais globalement il en ressort que la démarche de renforcement de la sécurité des digues, si elle est mise en œuvre, doit s'accompagner de dispositions de renforcement des structures gestionnaires.

- ▶ Le fonctionnement de l'Association Départementale Isère Drac Romanche (AD-IDR) est cité comme exemple. Des éléments d'information complémentaires sur le fonctionnement de cette structure sont fournis en annexe 1 du présent document.
- ▶ Il est également souligné le risque, pour les structures, d'être confronté à des problèmes d'assurances liées à ces responsabilités en tant de maître d'ouvrage désigné des opérations de surveillance et d'entretien des ouvrages. Leurs assureurs risquent de revoir les cotisations à la hausse, voire même de refuser de couvrir les risques inhérents (\*).
- ▶ D'un point de vue pratique, il existe également de réelles difficultés d'accès à certains ouvrages sur des propriétés privées.

En conclusion :

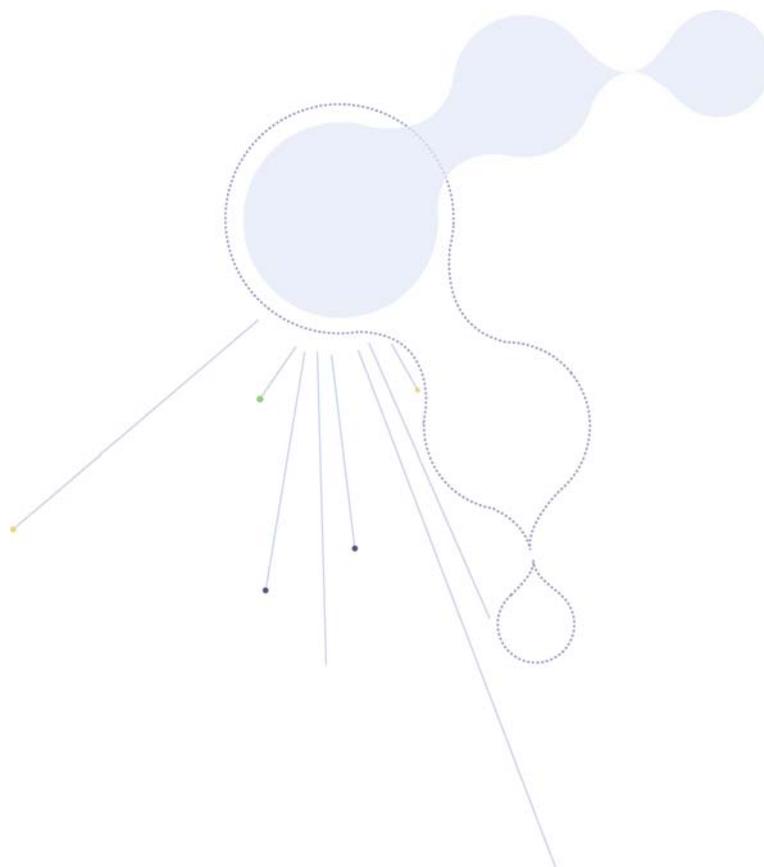
Le problème de fond soulevé par les nombreuses interventions est celui de l'adéquation entre les ambitions de "rattraper les insuffisances en matière de surveillance et d'entretien des ouvrages depuis plusieurs dizaines d'années", et les moyens financiers et humains disponibles.

Le choix de s'appuyer sur les structures de gestion de milieux aquatiques peut apparaître pertinent par rapport à leurs compétences et à leur vocation cependant elles n'en ont, aucunement les moyens financiers et humains. "Les syndicats ne veulent pas fuir leurs responsabilités mais il y a nécessité de trouver des ressources par un autre biais".

Ces procédures apparaissent comme "parachutées" et ne tiennent pas compte du travail en cours et des difficultés de moyens humains et financiers qu'elles engendrent, une réflexion plus poussée doit être menée pour éviter que ce type de démarche ne porte atteinte à la pérennité des structures.

**\* Risque inhérent (Inherent Risk) :**

Impact d'un événement ou d'une circonstance qui existait avant l'utilisation de moyens d'atténuation des risques (l'atténuation peut avoir un effet tant sur l'impact ou la possibilité d'occurrence ou les deux).



# 2<sup>e</sup> Partie

## Digues : comment éviter une rupture : présentation des modalités de surveillance, d'entretien et de diagnostic des digues de protection contre les inondations

**Rémy Tourment**

**Cemagref - Aix-en-Provence**

**Unité de recherche "Ouvrages hydrauliques et hydrologie"**



### Les risques liés aux digues

La brèche est une rupture brutale de la digue en crue, provoquant une vague de submersion dans la plaine inondable que l'ouvrage était censé protéger. Une seule brèche suffit à compromettre toute l'efficacité d'un système de défense de plusieurs dizaines kilomètres de longueur tel que cela a été le cas pour la brèche du Mas d'Argence en rive droite du petit Rhône lors de la crue de décembre 2003.



MAISON RUINÉE SUR LA BRÈCHE DE CLAIRE-FARINE (GARD)  
PHOTO © PAUL ROYET (CEMAGREF)

Par rapport à une simple inondation (en l'absence de digues), les digues induisent :

- le risque de victimes dus à une vitesse importante (horizontale ou verticale),
- le risque de dégâts dus à l'onde de rupture,
- le risque d'inondation généralisée de la zone protégée.

Les brèches dans les digues sont dangereuses. Elles engendrent des risques forts pour les riverains et les intervenants. Leur réparation est difficile et coûteuse.

### Le diagnostic, une phase essentielle

On peut distinguer deux types de diagnostic :

- le diagnostic des causes d'une dégradation avérée. Il a pour objectif de définir les confortements ou réparations adaptés aux mécanismes de dégradation et de rupture et à la problématique rencontrée (actions préventives ou curatives),

- le diagnostic de l'ensemble des digues d'un gestionnaire. Il s'agit alors de prioriser les interventions de confortement et de faire une estimation du niveau de sécurité de l'ouvrage.

La méthodologie de diagnostic consiste tout d'abord à réunir le maximum d'éléments connus sur l'ouvrage ; il s'agit notamment de :

- l'historique (des crues, des digues),
- la topographie,
- la morphologie fluviale,
- l'hydrologie et l'hydraulique du cours d'eau,
- il s'agit ensuite de réaliser une inspection visuelle détaillée (inspection initiale),
- une reconnaissance géophysique et géotechnique peut également être nécessaire pour réaliser une modélisation géophysique et géotechnique.

Les mécanismes de dégradation d'un ouvrage doivent être identifiés pour prévenir les ruptures et envisager les confortements adaptés. Ces mécanismes peuvent être de type :

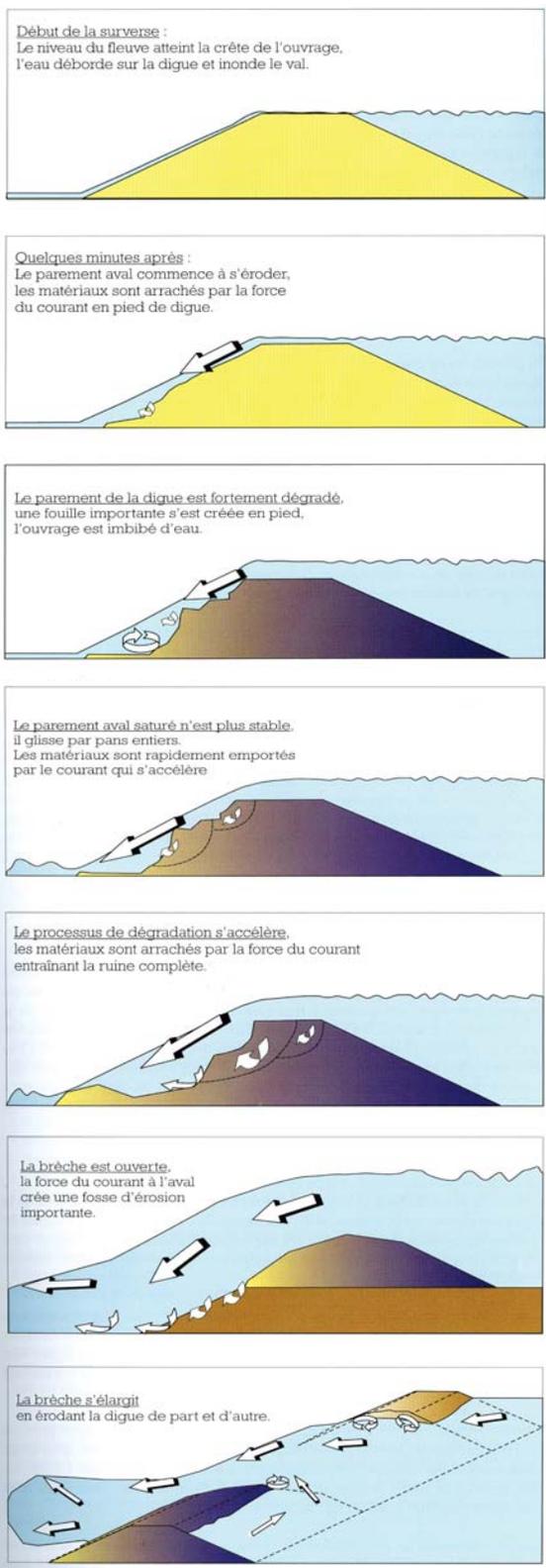
- surverse,
- érosion interne,
- érosion externe et affouillements,
- phénomènes de glissements et de poussées.

Les deux premiers mécanismes (surverse et érosion interne), peuvent conduire directement à la rupture.

L'ensemble des mécanismes peut s'enchaîner et se combiner.

### Cas de la surverse

La surverse sur une digue en terre conduit à la formation d'une brèche dans presque tous les cas (sauf si la crue est très courte). Ce phénomène est lié à la charge, la hauteur du talus, la durée de l'évènement et le revêtement de surface. La surverse est inévitable pour les évènements exceptionnels : la digue "insubmersible" est un mythe.



#### MÉCANISME DE LA RUPTURE PAR SURVERSE

EXTRAIT DE "SURVEILLANCE, ENTRETIEN ET DIAGNOSTIC DES DIGUES  
DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS"  
GUIDE PRATIQUE À L'USAGE DES PROPRIÉTAIRES ET DES GESTIONNAIRES  
PATRICE MERIAUX, PAUL ROYET ET CYRIL FOLTON  
ÉDITIONS CEMAGREF - 2001 RÉÉDITÉ EN 2004

La rupture (par surverse) est plus dangereuse que l'absence de digue, il faut donc limiter les effets de cette surverse.

La seule solution envisageable est le contrôle des déversements. Ce contrôle peut prendre plusieurs formes complémentaires :

- la suppression des points bas relatifs (solution préventive et curative, y compris en crue) est la première de ces formes. On peut également renforcer la résistance à la surverse des zones de surverses préférentielles,
- l'aménagement des déversoirs de sécurité ou bien de tronçons de digues résistant à la surverse (solution préventive uniquement). Les dommages en crue de ces déversoirs ou tronçons de digue résistants à la surverse peuvent et doivent être contrôlés.

En cas de crue, si le déversement reste limité au déversoir, il n'y a pas de dommages sur le déversoir et les dommages sont contrôlés en aval. Si le déversement s'étend sur le reste de la digue : la présence du déversoir limite les dommages sur l'ouvrage et dans la zone protégée.

Cette mesure est à associer avec un plan de sauvegarde (surveillance et évacuation)..

Le déversoir peut avoir également d'autres fonctions :

- la protection de la digue (résistance à la surverse du déversoir et préremplissage de la zone protégée qui améliore la résistance à la surverse du reste de la digue),
- la maîtrise de la surverse (limitation des dégâts dans la zone protégée par la digue),
- le contrôle du mode de remplissage (sécurité des personnes),
- l'effet d'alerte (à intégrer dans les plans de gestion de crise),
- le rappel du risque (effet "mémoire"),
- l'écrêtement de crue à l'échelle du bassin.

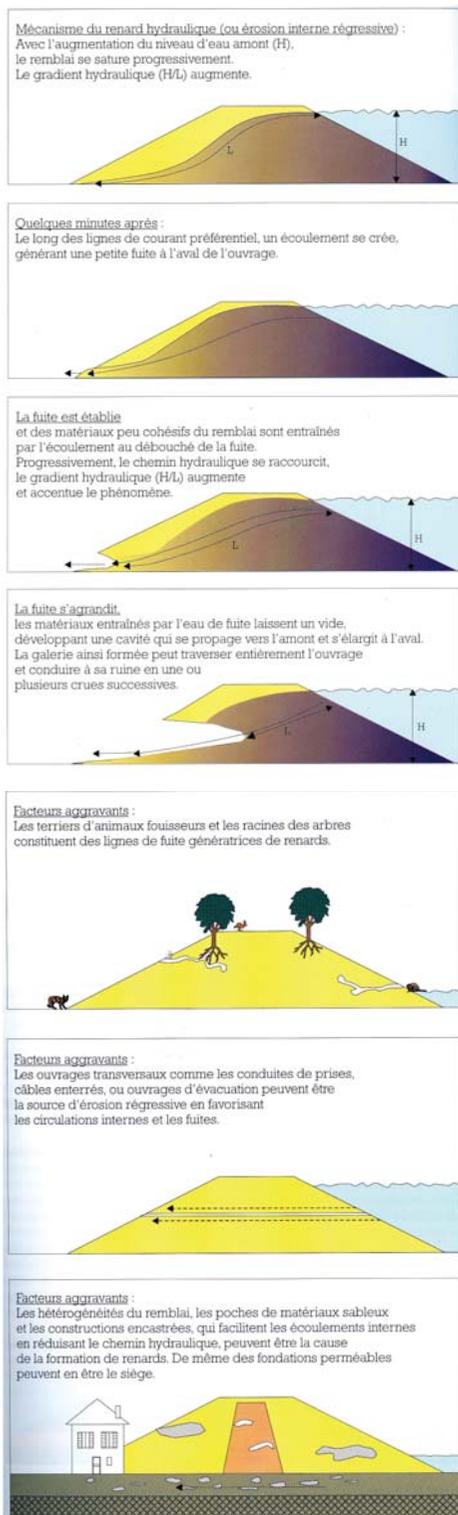
La mise en place d'un réservoir implique de redéfinir les objectifs de protection en considérant :

- le niveau de crue envisagé pour le projet de protection (crue sans déversement),
- le niveau de crue envisagé du projet de sûreté (crue avec surverse et dégâts contrôlés).

Ils sont à étudier à l'échelle de la zone protégée et à l'échelle du bassin (ou du sous-bassin).

## Cas de l'érosion interne

L'érosion interne conduit à la brèche à court ou moyen terme. Il s'agit d'un phénomène irréversible et auto accélérant.



MÉCANISME DU RENARD HYDRAULIQUE

EXTRAIT DE "SURVEILLANCE, ENTRETIEN ET DIAGNOSTIC DES DIGUES DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS"  
GUIDE PRATIQUE À L'USAGE DES PROPRIÉTAIRES ET DES GESTIONNAIRES  
PATRICE MERIAUX, PAUL ROYET ET CYRIL FOLTON  
EDITIONS CEMAGREF – 2001 RÉÉDITÉ EN 2004

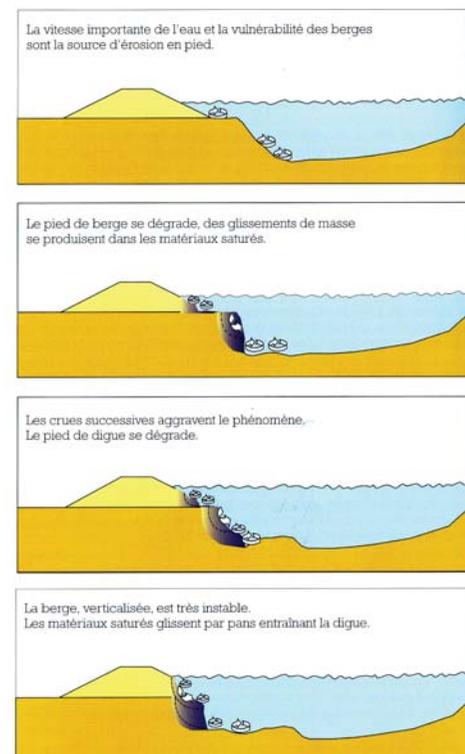
La solution est avant tout le respect des règles de l'art de conception d'un ouvrage hydraulique en remblai. Il s'agit notamment :

- du respect de l'étanchéité amont ou centrale et de la continuité verticale des étanchéités,
- du drainage aval : il s'agit de contrôler les écoulements sans entraînement des matériaux, avec une continuité de la granulométrie,
- de respecter les règles de filtre (interfaces entre couches), auto-filtration de chaque couche.

Il est possible à tout moment de réaliser un confortement préventif, y compris en crue, par exemple par la mise en place d'un géotextile et d'un remblai drainant par-dessus celui-ci, pour limiter l'évolution de l'érosion. Cependant, un confortement définitif sera alors à prévoir ultérieurement. Les deux mécanismes suivants conduisent plus ou moins directement à la rupture.

## L'érosion externe et les affouillements

L'érosion externe et les affouillements ne conduisent pas toujours à la brèche. Cela peut survenir lorsqu'il y a enchaînement des désordres. Lorsqu'il n'y a pas formation d'une brèche les dégradations peuvent cependant être importantes et très dangereuses (risque élevé de dégradations ultérieures).



MÉCANISME D'ÉROSION EXTERNE

EXTRAIT DE "SURVEILLANCE, ENTRETIEN ET DIAGNOSTIC DES DIGUES DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS"  
GUIDE PRATIQUE À L'USAGE DES PROPRIÉTAIRES ET DES GESTIONNAIRES  
PATRICE MERIAUX, PAUL ROYET ET CYRIL FOLTON  
EDITIONS CEMAGREF – 2001 RÉÉDITÉ EN 2004



AFFOUILLEMENTS SUR LE DOMÉNON (ISÈRE)  
PHOTOS © RÉMY TOURMENT – CEMAGREF AIX EN PROVENCE

Les solutions envisageables sont peu nombreuses. Il s'agit soit d'éloigner la digue du lit mineur soit d'effectuer des protections mécaniques du pied de digue et du talus côté rivière.

En crue, si un apport de matériaux peut être effectué, un enrochement côté rivière peut être tenté mais le résultat reste aléatoire. Il peut également être envisagé d'effectuer un engraissement préventif côté val mais cela peut entraîner une perte de perméabilité. Cette solution s'avère inefficace en cas de forts affouillements. La construction d'une digue "au large" (formant un U autour de la zone) reste une solution peu réaliste compte tenu des délais.

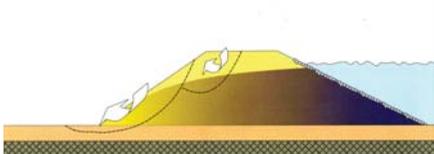
Le respect des règles de résistance à l'érosion des talus et pieds de digues exposés et des règles de filtre reste la seule garantie fiable pour éviter ce phénomène (solution préventive).

### La rupture d'ensemble (phénomènes de glissements et de poussée)

La rupture d'ensemble pour un ouvrage en remblai consiste en un glissement en masse, généralement circulaire, qui conduit, à court ou plus ou moins long terme, à la brèche.

Sur le talus côté rivière, ce phénomène se produit souvent en période plutôt favorable (décrue) mais il est nécessaire d'intervenir en prévention d'une nouvelle crue. Il peut se produire en crue sur le talus côté zone protégée..

La saturation du remblai et la raideur du talus provoquent des ruptures de masse par glissement du talus.



MÉCANISME DE RUPTURE DU TALUS AVAL (CÔTÉ TERRE)  
EN SITUATION DE CRUE

La saturation du remblai amoindrit les caractéristiques mécaniques du massif et peut provoquer une rupture de masse par glissement circulaire.



MÉCANISME DE RUPTURE DU TALUS AMONT (CÔTÉ RIVIÈRE)  
EN SITUATION DE DÉCRUE RAPIDE



GLISSEMENT SUR LES DIGUES DE LA MOSSON (HÉRAULT)  
PHOTOS © RÉMY TOURMENT – CEMAGREF AIX EN PROVENCE

La solution à ce type de phénomène ne passe que par le respect des règles de l'art de conception d'un ouvrage hydraulique en remblai.

Il s'agit notamment d'effectuer les calculs des angles de talus avec les caractéristiques mécaniques et hydrauliques réelles des matériaux, d'une bonne conception de l'étanchéité et du drainage...

Il est possible d'intervenir immédiatement après la crue par une recharge (côté rivière ou côté val avec filtre), puis en dehors de la période de crise, en faisant appel à une conception professionnelle.

La rupture d'ensemble peut également correspondre à un glissement d'ensemble pour des ouvrages en remblai ou en dur ou à un basculement pour un ouvrage en dur. Cela pourrait être le cas dans une zone marécageuse (l'ouvrage peut céder à la poussée et glisser sur la zone saturée du sol).

Les différents mécanismes de dégradation conduisent directement ou non à la rupture. Des facteurs aggravants existent (végétation, animaux fouisseurs, hétérogénéités, ouvrages incorporés dans la digue...).

Il est nécessaire d'étudier sur un tronçon donné l'ensemble des facteurs présents et les enchaînements possibles (ex : affouillements entraînant un glissement, entraînant une érosion interne, conduisant à la brèche ; ou une érosion interne, entraînant un affaissement, provoquant une surverse, conduisant à la brèche,...).

## La surveillance et l'entretien

### Le rôle du gestionnaire

La surveillance et l'entretien des ouvrages sont impératifs pour éviter et prévenir les risques.

Il s'agit en premier lieu d'une bonne connaissance du patrimoine de digues.

Le gestionnaire devrait disposer d'un diagnostic de l'ouvrage ou, a minima, d'une connaissance de l'historique des crues et des digues, de la topographie, de la morphologie fluviale. Une inspection visuelle initiale doit avoir été réalisée. Un dossier de l'ouvrage constitué des plans, des événements subis doit être constitué. Il comprendra également les éléments de l'inspection visuelle initiale et complète.

Le gestionnaire doit assurer la gestion, l'actualisation et la pérennisation du patrimoine de données. Le patrimoine de données d'un ouvrage est constitué d'un dossier papier, d'un registre consignait tous les événements subis par l'ouvrage, voire de données informatiques (exemple d'outil de gestion de données par un système d'information appelé SIRS digues). Il est accompagné dans cette tâche par l'état, qui organise le contrôle des digues Intéressant la Sécurité Publique (ISP).

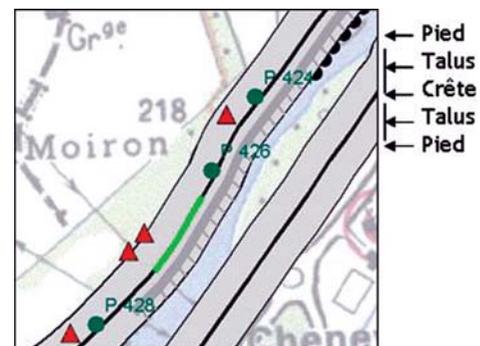
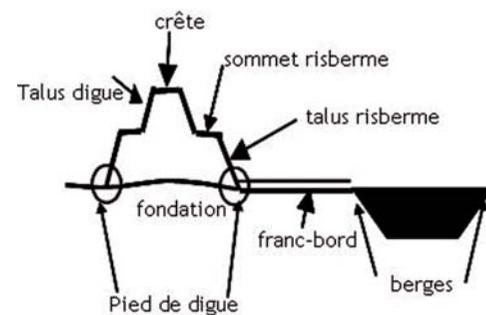
Le SIRS Digues est une application informatique développée pour permettre aux gestionnaires de digues de conserver certaines informations relatives aux ouvrages et de les positionner géographiquement.

Les grands thèmes du modèle de données sont présentés dans le tableau ci-dessous :

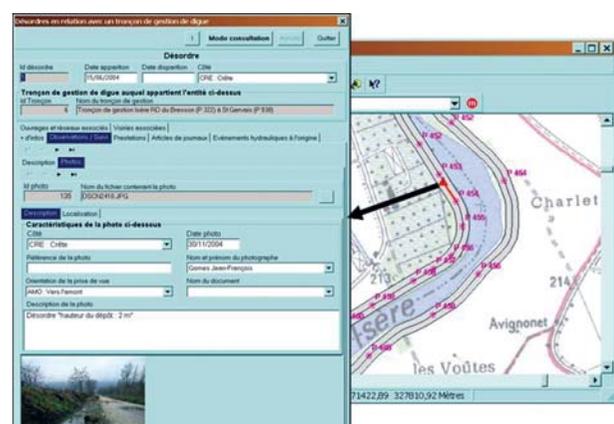
Catégories	Sous-catégories
<b>Gestion des digues et du lit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Structure de la digue</li> <li>Profils en long</li> <li>Iles et bancs</li> <li>Franc-bord et berge</li> <li>Réseaux de voirie, hydrauliques et d'énergie sur digue et aux abords</li> <li>Désordres</li> <li>Végétation</li> <li>Situation foncière</li> <li>Documents : journaux, articles, rapports d'études</li> </ul>
<b>Administratif</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organismes et personnes physiques</li> <li>Propriétaires et gardiens</li> <li>Marchés, prestataires, conventions</li> <li>Emprise syndicale</li> <li>Emprise communale</li> </ul>
<b>Gestion de crise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Historique des crues</li> <li>Résultats de modélisations hydrauliques</li> <li>Plan de vigilance</li> </ul>
<b>Gestion et aménagement zone inondable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Description des zones de gestion</li> <li>Réglementation</li> <li>Vulnérabilité</li> </ul>

L'outil SIRS permet de conserver la mémoire des événements et travaux, de structurer l'information, d'acquies et de mettre à jour les données relatives à l'ouvrage et également d'effectuer des analyses et de rendre compte aux services de contrôle.

L'ouvrage est modélisé dans l'outil de manière longitudinale et transversale. Il est découpé en tronçons repérés linéairement. En un point du tronçon on repère transversalement les différentes entités (crêtes, talus, franc-bord...).



MODÉLISATION SPATIALE (LONGITUDINALE ET TRANSVERSALE)  
D'UN SYSTÈME ENDIGUÉ  
EXTRAITS DU SIRS DIGUES  
AD-IDR – SYMADREM – CEMAGREF



EXEMPLE D'ÉCRANS DE SAISIE/CONSULTATION EXTRAITS DU SIRS DIGUES  
AD-IDR – SYMADREM – CEMAGREF



PLANCHE EXTRAITES DU SIRS DIGUES  
AD-IDR – SYMADREM – CEMAGREF

Le gestionnaire doit également effectuer la surveillance et l'entretien courant :

- par la surveillance régulière (après une inspection visuelle initiale complète – "état zéro"),
- par la bonne connaissance de l'ouvrage par le personnel,
- par le repérage des désordres (érosions, affouillements, mouvements, vieillissements des maçonneries, joints, ouvrages annexes ..., végétation, terriers...) et leur suivi,
- par la planification des interventions nécessaires. Il s'agit des entretiens réguliers de la végétation des voiries et des ouvrages, des interventions exceptionnelles (suite au constat d'un désordre grave ou susceptible d'évoluer rapidement), des interventions de confortements d'ensemble de secteurs généralement dégradés,
- par le contact avec les propriétaires gestionnaires d'ouvrages.



DÉSORDRES SUR DES PROTECTIONS DE BERGE CONSÉCUTIFS  
À UNE CRUE  
© RÉMY TOURMENT – CEMAGREF AIX EN PROVENCE



TERRIER DE BLAIREAU DANS UNE DIGUE (AVIGNON – VAUCLUSE)  
© RÉMY TOURMENT – CEMAGREF AIX EN PROVENCE



EXEMPLE D'UNE CANALISATION TRAVERSANTE AVEC VANNE  
DANS UNE DIGUE DE LA MOSSON (HÉRAULT)  
PHOTOS © RÉMY TOURMENT – CEMAGREF AIX EN PROVENCE



RAGONDINS À PROXIMITÉ D'UNE DIGUE (AVIGNON – VAUCLUSE)  
PHOTOS © RÉMY TOURMENT – CEMAGREF AIX EN PROVENCE

Le gestionnaire doit également assurer une surveillance et intervenir en cas de crue pour surveiller et observer le comportement de l'ouvrage, prévenir et limiter les dégradations éventuelles et intervenir en cas d'urgence.

Cela implique certains moyens, notamment :

- d'accès à l'ouvrage (chemin en crête et en pied côté val, plans),
- de sécurité du personnel (véhicules, communication, gilets de sauvetage, travail en groupe, ravitaillement...),
- d'organisation préalable et de contacts réguliers terrain-bureau.

Il s'agit d'observer les désordres du type : surverse, fuites et renards, érosions, affouillements, saturation, piezométrie, mouvements de terrain), mais également d'intervenir en cas d'urgence pour éviter les brèches.

En crise, le gestionnaire doit également être en relation avec les autorités en charge de la sécurité des populations (Etat, Communes).

En post crue, le gestionnaire doit assurer une inspection complémentaire suivi d'interventions spécifiques, afin de constater et réparer les dégradations survenues pendant ou immédiatement après la crue et d'assurer une protection contre une nouvelle crue.

Il doit alors procéder à un parcours méthodique et complet de la digue à pied et à des relevés papier ou informatique avec repérage précis (PK, GPS...).



MUR DE QUIAI À LA DÉCRUE, AVEC JOINTS NON ÉTANCHES ET REMBLAI SATURÉ  
© RÉMY TOURMENT – CEMAGREF AIX EN PROVENCE



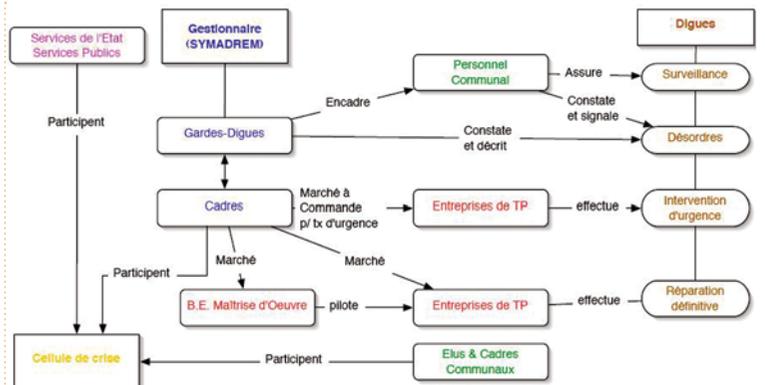
DÉSORDRES SUR UN QUIAI PAVÉ, SUITE À UNE CRUE  
© RÉMY TOURMENT – CEMAGREF AIX EN PROVENCE



DÉSORDRES SUR UNE DIGUE (GLISSEMENT, TASSEMENT, ÉROSION)  
© RÉMY TOURMENT – CEMAGREF AIX EN PROVENCE

### L'exemple d'organisation du SYMADERM

Le SYMADREM (Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement des Dignes du Delta du Rhône et de la Mer), gestionnaire d'un important linéaire de digues (Camargue et Rhône aval) s'associe avec du personnel communal pendant les crues pour les aspects surveillances et constats des désordres, et travaille avec des entreprises de travaux publics (marché à bons de commande sans minimum) pour les travaux d'intervention d'urgence ou de réparation.



SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DU SYMADREM ET GESTION DE CRISE EN CRUE  
© RÉMY TOURMENT – CEMAGREF AIX EN PROVENCE

La gestion de l'ouvrage s'avère donc nécessiter une organisation et des moyens importants.

## Interventions en salle : discussions et débats

De nombreuses digues sont très anciennes, il est impossible de disposer de l'ensemble des éléments concernant leur construction, les travaux effectués,...

Pour certains, si l'on veut être conforme à la réglementation sur les digues, il faudrait tout supprimer et tout reconstruire.

Il y a nécessité de prioriser les interventions en fonction de l'urgence.

Le diagnostic complet permet d'évaluer les enjeux et de hiérarchiser les risques, il est intéressant d'un point de vue théorique mais dans la pratique la plupart des tronçons apparaissent en aléas élevés.

Souvent, sachant le mauvais état de l'ouvrage, il pourrait être pertinent de ne s'atteler qu'à la définition des travaux de confortements nécessaires, allégeant certains points de la phase de diagnostic notamment la partie études géotechniques.

Le cumul des coûts de diagnostics (autour de 30 000 Euros le km linéaire) et des coûts des travaux de confortements (pouvant atteindre l'ordre de 1 M Euro /km) est très élevé.

Le rapport coût d'un diagnostic / coût des travaux reste proportionnellement faible.

Il est peut être nécessaire de s'interroger sur la notion de risque acceptable, et, en fonction de cela, de s'orienter vers beaucoup de linéaire mais avec moins de "garantie" de solidité ou vers des digues "solides" mais en linéaire plus restreint. Il faut également garder à l'esprit que l'existence même de la digue crée un risque spécifique (risque de rupture).

Globalement, les gestionnaires présents notent un décalage fort entre l'approche systématique proposée, la réalité du terrain et surtout les moyens humains et financiers disponibles.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Méthodologie de diagnostic des digues appliquée aux levées de la Loire moyenne.  
LINO M. / Patrice MERIAUX / Paul ROYET  
Editions CEMAGREF 2000
- Surveillance, entretien et diagnostic des digues de protection contre les inondations.  
Guide pratique à l'usage des propriétaires et des gestionnaires.  
Patrice MERIAUX, Paul ROYET et Cyril FOLTON  
Editions CEMAGREF – 2001 réédité en 2004 .  
Consultable sur Internet à l'adresse suivante :  
[http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/guide\\_surveillance\\_digues.pdf](http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/guide_surveillance_digues.pdf)
- Sécurité des digues fluviales et de navigation  
Actes de colloque, Orléans, 25/26 novembre 2004  
CFGB/Ministère de l'Écologie & du développement durable 2004, 601 p., FRE.
- Méthodes géophysiques et géotechniques pour le diagnostic des digues.  
Guide méthodologique et de recommandations pour la mise en œuvre et l'interprétation  
FAUCHARD C. / MERIAUX P. Cemagref Editions 2004  
Pour plus d'information consulter l'adresse suivante :  
<http://www.cemagref.fr/Informations/Produits/Editions/Eau/Barrages.htm>

# 3<sup>e</sup> Partie

## Gestion de la végétation des berges et digues sous contrainte de sécurité

*Michel Vennetier*

*Cemagref - Aix-en-Provence*

*Unité de recherche "écosystèmes méditerranéens et risques"*



### Les risques liés aux digues

Pour la sécurité des ouvrages hydrauliques la gestion de la végétation s'impose.

L'objectif est de trouver un compromis entre la sécurité des ouvrages toujours prioritaire, et les fonctions écologiques et sociales de la végétation.

Par sécurité, les arbres sont proscrits sur la plupart des digues (à de très rares exceptions pour les digues les plus larges et ayant une structure adaptée), et les talus de digues doivent être visibles.

### Gestion de la végétation

Les risques liés à la végétation sont notamment dus à 4 phénomènes principaux :

- l'architecture des racines et la pénétration des digues,
- le risque d'arrachement et d'embâcles,
- des modifications du fonctionnement hydraulique du lit (une forte végétation peut ralentir l'écoulement de l'eau lors des crues et provoquer localement une élévation du niveau de l'eau),
- l'érosion des berges et des digues.

A contrario, la végétation assure des fonctions intéressantes. Elle a des fonctions anti-érosives, de stabilisation des talus et berges ; elle permet une biodiversité terrestre et aquatique ; elle peut avoir des fonctions de production ; elle peut avoir des fonctions paysagères, elle est bénéfique à l'accueil du public (loisir, pêche, tourisme); elle peut avoir des capacités épuratives, apporter de l'ombrage...

Une bonne gestion de la végétation ne peut s'envisager sans une planification étudiée en fonction des peuplements concernés.

Les paramètres à considérer pour la gestion de la végétation sont principalement :

- la nature du substrat (richesse chimique, texture, disponibilité de l'eau...). Cela va engendrer des niveaux de fertilité différents,
- les vitesses et modes de croissance des arbres,

- la structure et la régénération des peuplements (compétition entre espèces, rôles des coupes et des bouleversements naturels...).

Il s'agit d'adapter la structure de végétation dans le but d'optimiser la sécurité mais également, d'assurer la diversité biologique, d'assurer les fonctions sociales et de limiter la fréquence et les coûts d'entretien.

La pénétration des systèmes racinaires dans la digue est un problème crucial mais pourtant assez mal connue. Elle dépend notamment de l'accès à l'eau, de la nature des matériaux (texture, compacité, richesse ...), du climat (humidité aux périodes de croissance), des défauts de compaction et de l'hétérogénéité... Elle est variable en fonction des espèces.

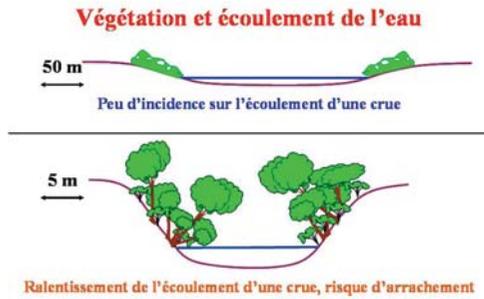


ENRACINEMENT TRÈS PUISSANT D'UN ARBRE DE 30 ANS SUR UNE DIGUE. CERTAINES RACINES TRAVERSENT LA DIGUE DE PART EN PART À PLUSIEURS MÈTRES DE PROFONDEUR.

Pour optimiser la sécurité, il est nécessaire de tenir compte d'un certain nombre de paramètres tels que : la taille de la végétation et de la conductance hydraulique du lit, les besoins de protection des berges contre l'érosion, des effets de stabilisation/ déstabilisation des berges, du niveau de submersion de la végétation...

L'impact de la végétation sur l'écoulement d'une crue dépend du pourcentage de volume du lit majeur occupé par la végétation. Le risque d'arrachement est influencé par le niveau de submersion...

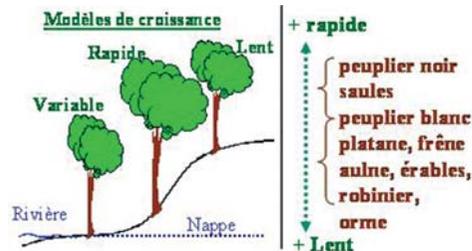
Le profil de végétation doit donc être adapté à chaque tronçon du cours d'eau.



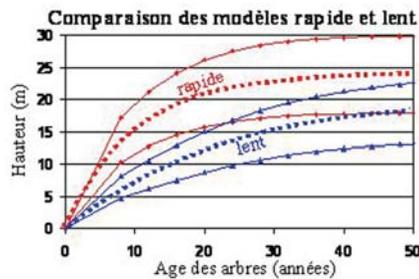
LA VÉGÉTATION PEUT CONSTITUER UN OBSTACLE À L'ÉCOULEMENT DES CRUES EN FONCTION DE SA STRUCTURE ET DU VOLUME RELATIF QU'ELLE OCCUPE DANS LE LIT MAJEUR.

La croissance de la végétation sur berges et digues est très rapide, comparée aux forêts. La position de la végétation par rapport au niveau moyen de l'eau et des crues module cette vitesse de croissance. De plus la concurrence entre espèces joue un rôle majeur.

Certaines espèces ont une croissance rapide tels que les peupliers noirs ou les saules, d'autres ont une croissance plus lente tels que les ormes, frênes et érables...



LA CROISSANCE DES ARBRES SUR LES DIGUES ET BERGES VOISINES DÉPEND DE L'ESPÈCE, DE LA RICHESSE DU SUBSTRAT, DE L'ACCESSIBILITÉ DE L'EAU ETC...



... MAIS EST EN GÉNÉRAL TRÈS RAPIDE.

Les dynamiques de régénération sont également un paramètre dont il faut tenir compte.

Dans les secteurs fréquemment submergés, la durée de vie moyenne des arbres est courte. Les vents et crues font partie de la dynamique. Il est possible d'optimiser le coût des entretiens grâce à une bonne connaissance de la régénération. En effet, une gestion prudente limitant la coupe des arbres au strict nécessaire et épargnant les sous bois, pourrait favoriser les

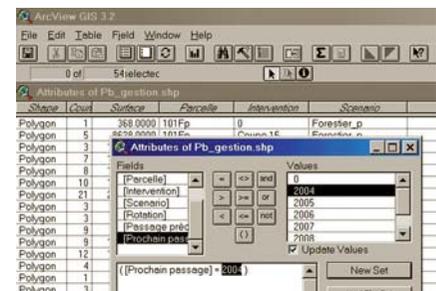
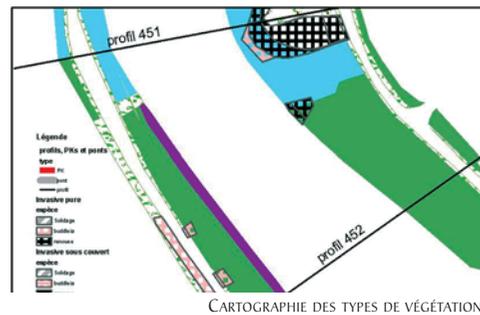
espèces à croissance plus lente et plus résistants au vent, limitant à terme la fréquence et les coûts d'entretiens et les risques d'embâcle...

Une structure étagée de végétation permet également une bonne protection des berges et des habitats diversifiés. La végétation des berges a un rôle primordial dans l'écologie du milieu aquatique : ombrage, niches dans les racines et embâcles flottants, apports de matières organiques.

Les variations transversales d'étagement maximisent les lisières. Les arbres morts sont essentiels pour la diversité des insectes et des oiseaux. Ils tombent en petits morceaux sans danger d'embâcle s'ils ne sont pas en pied de berge. Laisser les gros arbres mourir de vieillesse et les conserver en respectant une distance de sécurité réduit le coût des entretiens.

La gestion de la rivière doit également tenir compte d'autres coûts induits et de la demande sociale. Il n'existe donc pas de méthode de gestion universelle mais une structure de végétation adaptée à chaque cas et, par conséquent, un programme d'entretien et de gestion de la végétation à définir pour tenter de mettre en cohérence sa dynamique et les contraintes techniques, sociales, environnementales et économiques inhérentes.

Le plan de gestion de la végétation peut constituer soit un document indépendant, en lien avec un plan de travaux, soit être intégré dans un plan global de gestion. Il nécessite souvent un support cartographique et un SIG. La programmation habituelle s'étend sur 10 à 15 ans.



INTERFACE INFORMATIQUE D'UN PLAN DE GESTION INTÉGRÉ DANS UN S.I.G.

LE CONTRÔLE DE LA VÉGÉTATION D'UN GRAND SYSTÈME ENDIGUÉ REQUIERT SA CARTOGRAPHIE ET UN PLAN PLURIANNUEL DE GESTION. UN SIG ET SA BASE DE DONNÉES ASSOCIÉE FACILITENT LA PROGRAMMATION ET LE SUIVI DES OPÉRATIONS. ILS PEUVENT ÊTRE INTÉGRÉ DANS UN SIRS QUI PREND EN COMPTE L'ENSEMBLE DES DONNÉES DE GÉNIE CIVIL, SÉCURITÉ, ENVIRONNEMENT ET TRAVAUX.



La gestion de la végétation sur les digues relève de l'ingénierie écologique. On est dans un milieu artificiel soumis à une dynamique naturelle, et il faut modéliser une végétation, utiliser sa dynamique, pour lui donner une composition et une structure artificielle mais aussi stable que possible, pour qu'elle joue les rôles qu'on lui assigne à priori, en lien avec les ouvrages hydrauliques.

Les contraintes sociales sont souvent fortes. La pression du public et des associations peut être très forte et compromettre un plan de gestion. Une concertation ouverte est souvent utile et nécessaire.

Il arrive qu'il y ait des contradictions avec les demandes du public, en matière de sécurité et de cadre de vie ou d'activité.

### **Perspectives du travail réalisé par le Cemagref**

Les systèmes racinaires sont la plus grosse inconnue au niveau de la sécurité des digues : une étude et des expérimentations sont en cours.

Il faut poursuivre l'étude de la croissance des arbres sur un échantillon représentatif de sites et de climats

La relation entre végétation et stabilité des berges doit être étudiée expérimentalement, et sur un grand nombre de situations réelles.

#### **Remarque :**

dans ce cadre, le Cemagref sollicite les gestionnaires de digues pour les avertir en cas d'ouvertures pratiquées dans des ouvrages boisés afin de pouvoir étudier le développement des racines dans les ouvrages.

## Interventions en salle : discussions et débats

Le choix du substrat et des essences présentes sur un ouvrage est une méthode intéressante cependant, quelle gestion mener sur une digue ancienne avec des arbres et une végétation bien installée ?

Pour les arbres anciens, on peut procéder à des coupes sur les arbres qui rejettent (limitation des risques de déracinement par le vent) mais il ne faut jamais tuer des arbres sur une digue sans procéder immédiatement au confortement ou à la réfection de l'ouvrage. En effet, les coupes d'arbres anciens, entraînent une dégradation importante de la digue nécessitant des travaux de confortement très lourds voir souvent de réfection.

Les solutions de confortements possibles consistent le plus souvent à ajouter des matériaux autour de l'ouvrage (équivalent parfois au doublement de l'ouvrage) ce qui peut poser des problèmes liés au foncier.

En cas de coupes importantes, l'ouvrage présentera une grosse sensibilité pendant les 1<sup>es</sup> années.

Le programme et les méthodes d'entretien de la végétation sont à définir en fonction de paramètres multiples. On note par exemple que pour certains végétaux comme la Canne de Provence, la rapidité de repousse est telle que l'inspection d'un ouvrage n'est possible que dans les 2 semaines suivant la coupe.

Dans certains cas, il sera nécessaire de prendre en compte le besoin de conservation d'un ombrage important pour éviter une explosion d'espèces envahissantes dans le lit, dans les zones qui y sont particulièrement sensibles.

Il est conseillé d'effectuer des coupes sélectives selon la vitesse de croissance de l'espèce. Dans la pratique, ce type de méthode est peu utilisé. Il est le plus souvent pratiqué des traitements chimiques (biodégradables).

Sur des ouvrages neufs, est-il préférable de planter pour concurrencer par anticipation l'apparition d'une végétation non souhaitée ?

Il est possible de planter des espèces arbustives de petites tailles et très couvrantes. Cette technique peut avoir pour inconvénient de rendre plus difficile l'inspection visuelle de l'ouvrage.

Sur certaines digues du Rhône, il est envisagé d'effectuer une opération de broyage de la végétation arbustive tous les 3 ans cela permet des inspections visuelles à cette périodicité, la végétation reste limitée et limite donc la présence de fousseur.

Le SMAVD a expérimenté la plantation d'herbacées, cependant pour un bon développement des espèces plantées, il ne faudrait pas d'épisode de sécheresse dans la 1<sup>er</sup> année. Il existe des études sur les mélanges graineux les plus adaptés.

Des études du CEMAGREF ont également été menées sur les talus drainés.

Il existe des techniques de filets contenant les graines qui limitent à terme l'érosion (utilisant les principes du paillage) et facilitent l'entretien.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- MERIAUX Patrice, VENNETIER Michel, et al. 2006 : "Diagnostic et gestion de la végétation sur les digues et barrages en remblais - Diagnosis and management of vegetation growth on embankments dams and dikes".  
In Actes du colloque : 22<sup>nd</sup> Conference on Large Dams Commission International des Grands Barrages, Barcelone, June 2006, p. 551-567.
- VENNETIER M., RIPERT C. , CHANDIOUX O. , MERIAUX P., DOIRAT G. – 2005.  
Gestion de la végétation des digues et berges sous contrainte de sécurité. Ingénieries EAT n° spécial 2004 "Ingénierie écologique" p. 25-36.
- VENNETIER M. ; CHANDIOUX O. ; RIPERT C. ; MERIAUX P. – 2004  
"Diagnostic et gestion de la végétation sur ou dans l'environnement des digues."  
In Actes du colloque: "Sécurité des digues fluviales et de navigation", Orléans (France), 25-26 novembre 2004, Comité Français des Grands Barrages Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (eds) Cemagref Edition, p. 551-567.
- VENNETIER M. – 2003  
"Bases de la gestion de la végétation des berges et digues sous contrainte de sécurité".  
Forêt méditerranéenne. T. XXIV, n°3, 2003, pp. 263-274

# 4<sup>e</sup> Partie

## Diagnostic d'une digue : la digue de Vizille

**Patrick Ledoux**  
**DHACE / Hydraulique**  
**CETE Méditerranée**



### Contexte de l'étude



RÉMY TOURMENT

Ce diagnostic concerne une digue qui protège la ville de Vizille (Isère). Vizille se situe en rive droite dans le lit majeur de la Romanche et en aval de l'éboulement potentielle de Séchilienne ce qui engendre un fonctionnement hydraulique particulier.

Suite à une étude réalisée dans le cadre du Plan de Prévention des Risques d'inondations (PPRI), deux brèches potentielles inondant Vizille ont été identifiées.

Une grande partie de la commune est rendue inconstructible, tant que des travaux de confortements de la digue n'auront pas été effectués.

La crue choisie en référence pour toute l'étude est celle indiquée au PPRI. Celui-ci se réfère à l'étude du bureau d'études "SOGREAH" établie pour le compte de la Direction Départementale de l'Équipement de l'Isère : "Risque majeur de Séchilienne – étude hydraulique d'inondabilité et des parades à court terme" de mars 2005.

Le scénario retenu est celui d'une crue centennale dont le débit de référence est évalué à environ 900 m<sup>3</sup>/s concomitante à la rupture du barrage formé par un éboulement en aval de Séchilienne entraînant un sur-débit de 200 m<sup>3</sup>/s.

La mairie demande au CETE/CEMAGREF d'étudier les possibilités de confortement de la digue pour pouvoir autoriser la construction derrière la digue et favoriser le développement économique de la zone.

L'objectif de la prestation du Cete/Cemagref est d'apporter l'assistance technique à la commune pour la réalisation du diagnostic et de l'avant projet, de prioriser les travaux de confortements et d'établir les consignes de surveillance et de gestion.

Le retour d'expérience des diagnostics effectués sur les digues de la Loire permet de faire les constats suivants :

- l'information historique est souvent trop peu valorisée,
- la topographie est plus ou moins détaillée,
- les inspections visuelles sont souvent trop sommaires,
- les études géotechniques coûteuses sont prépondérantes,
- les études de confortement sont souvent sommaires.

La méthode de diagnostic proposée par le CETE/CEMAGREF comporte 8 étapes :

- une étude historique avec la localisation des brèches historiques, les éléments liés à la constitution de l'ouvrage et aux confortements effectués,
- une étude morphodynamique du lit mineur et du lit majeur permettant d'identifier les zones à risques et les évolutions défavorables,
- la topographie permettant de faire le lien avec l'étude hydraulique et d'assurer un support pour le diagnostic et la surveillance ultérieure,
- l'étude hydraulique permettant de définir les aléas de rupture par surverse et érosions mécaniques,
- l'inspection visuelle permettant de détecter les désordres et de surveiller leur évolution,
- les reconnaissances géotechniques permettant d'obtenir des données servant aux modélisations,
- la modélisation hydraulique interne et géomécanique permettant de vérifier la stabilité de l'ouvrage,
- la hiérarchisation des risques permettant de définir les priorités en croisant les aléas de rupture avec la vulnérabilité du tronçon (fonction de l'occupation des sols de la zone protégée, de l'importance de la population protégée et des voies de communications),
- un avant projet pour les confortements définissant les travaux de confortement et le plan de gestion et d'entretien de l'ouvrage.

Pour réaliser le diagnostic, douze sections homogènes ont été définies. Selon la section, il s'agit d'une digue en terre très étroite, d'une digue avec route en crête, d'une digue non revêtue avec chemin en pied, d'une digue en terre avec mur en crête...



DIGUE NON REVÊTUE AVEC CHEMIN EN PIED  
PATRICK LEDOUX



DIGUE AVEC ROUTE EN CRÊTE  
PATRICK LEDOUX

## Les étapes du diagnostic

### L'étude historique

Il s'agit de localiser les brèches historiques (XIX<sup>e</sup>), d'étudier la constitution de la digue et ses confortements et de se renseigner sur la constitution de l'ouvrage.

### L'étude morphodynamique

Dans le lit mineur, il s'agit d'étudier la présence de rétrécissements du lit, de ruptures de pente, d'extrados de méandre, d'atterrissements, de fosses d'érosion ...

Dans le lit majeur, on s'intéressera aux anciens bras, aux chenaux d'expansion de crue...

Il s'agit d'identifier les zones à risques et les évolutions défavorables.

### La topographie

Elle consiste tout d'abord, dans la mesure du possible à exploiter des plans existants.

Il est important de disposer d'un plan topo au 1/1000<sup>e</sup>, de profils en long crête et pieds de talus et de profils en travers au 1/100<sup>e</sup> de la digue, incluant une bande de 10 mètres au-delà de chaque talus (y compris bathymétrie si nécessaire).

Ces documents permettent de faire le lien avec les lignes d'eau (hydraulique) et d'assurer un support pour le diagnostic et pour la surveillance de la digue.

### L'hydraulique

Pour cette étude il s'est agit d'analyser et d'effectuer une exploitation critique de l'étude du bureau "SOGREAH" existante. Les informations concernant les données hydrologiques, les données de débits max et hydrogrammes des crues, les caractéristiques et la crue de référence, les sur-débits et sur-hauteurs causés par l'éboulement de Séchilienne, ont été utilisées pour définir l'aléas de rupture par surverse et érosions mécaniques.

### L'inspection visuelle (phase de préparation)

L'inspection visuelle doit être réalisée sur une digue débroussaillée. Elle sera réalisée par 2 ou 3 agents à pied sur crête et en pieds de talus avec du matériel de repérage (topofil / GPS) afin d'effectuer le report des désordres sur fiches et sur plan. Des photos doivent également être prises.

En cas de proximité entre la berge et la digue, une inspection par barque peut être nécessaire, voir même une inspection subaquatique si cela se justifie.

Lors de l'inspection visuelle les principaux points à observer sont résumés dans le tableau suivant :

Talus côté fleuve	Crête	Talus côté Val	Partout
Raideur, régularité du talus	Régularité du profil	Raideur, régularité du talus	Végétation
Indices d'érosion ou de mouvements (fissures, arrachements, arbres inclinés) revêtements de talus	Profil en long	Indices de mouvements (fissures, bourrelets, arbres inclinés)	Terriers (nature du sol)
Revêtements de talus	Largeur	Indices de fuite (végétation singulière)	Canalisations
Protection de pied de talus (inspection subaquatique ?)	Indices de mouvements de terrain (fissuration, tassement)	Dispositif(s) de drainage	Ouvrages singuliers
Cours d'eau		Indices de brèches	Sondages rustiques

Il s'agit de détecter les désordres et de surveiller leur évolution.



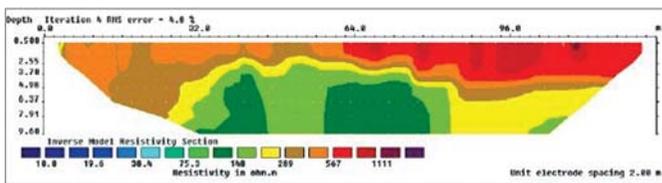
ÉROSION DU TALUS CÔTÉ RIVIÈRE  
M. NORMAND - BCEOM MONTPELLIER

## Les recommandations pour la déviation de Péage de Vizille qui remplacera l'actuelle digue

Cet ouvrage devra résister aux différents mécanismes de rupture, prendre en compte les ouvrages de traversées du remblai. Le remblai et ses talus devront être surveillés et entretenus vis à vis du rôle de digue.

### Les reconnaissances géotechniques

Il s'agit d'une campagne de 10 sondages à la pelle implantés sur la base de l'inspection visuelle, d'une étude géophysique par panneaux électriques permettant d'identifier des sections homogènes et de repérer des tronçons singuliers puis d'une étude géotechnique pour chaque section homogène par sondages carottés avec prélèvements et essais mécaniques et perméabilité. Les données ainsi recueillies serviront aux modélisations. La prospection électrique permet de mesurer la résistivité du sol en fonction de sa nature.



ÉROSION DU TALUS CÔTÉ RIVIÈRE  
SUR LES 3 À 4 PREMIERS MÈTRES, GRAVE SABLEUSE  
CONTENANT DES ÉLÉMENTS CAILLOUTEUX,  
EN DESSOUS, SABLE PLUS OU MOINS LIMONEUX.  
CE PROFIL A ÉTÉ PRODUIT PAR LE BUREAU DE GÉOPHYSIQUE IMS-RN.  
M. NORMAND - BCEOM MONTPELLIER

### Les modélisations

Il s'agit de deux étapes de modélisation : l'hydraulique interne et la géomécanique.

La modélisation de l'hydraulique interne poursuit trois finalités :

- envisager la piézométrie interne de la digue en crue,
- travailler sur les gradients hydrauliques pour identifier les risques de renard,
- faire une estimation des débits de fuite.

L'analyse géomécanique est réalisée à l'état actuel et à l'état conforté. Elle permet d'étudier :

- le cas de rupture du talus côté val, rivière en crue et digue saturée,
- le cas de rupture du talus côté rivière, rivière en décrue et digue saturée et d'envisager la charge induite éventuelle par inondation du val.
- le cas d'instabilité des ouvrages annexes : perré, mur, ...

Ces analyses permettent de vérifier la stabilité de l'ouvrage.

## La hiérarchisation des risques pour chaque section homogène

Les risques pour chaque section homogène ont été analysés en fonction de :

- l'aléa de rupture pour les différents mécanismes de rupture (note de 0 à 3 pour chaque mécanisme),
- et de la vulnérabilité de la zone protégée appréciée en fonction de l'occupation du sol, de l'importance de la population protégée, des voies de communications ... (note de 1 à 4),

La priorité a été déterminée en croisant l'aléa de rupture avec la vulnérabilité du tronçon (note de 0 à 12 par mécanisme pour chaque section homogène).

### Avant Projet des travaux de confortement

Il s'agit de la rédaction de l'avant projet des travaux de confortement préconisés.

### Plan de gestion et d'entretien de la digue

Le plan de gestion et d'entretien comprend : la surveillance hors crue, en crue et post-crue (repérage et évolution des désordres, modalités d'accès à l'ouvrage, organisation en période de crue), l'entretien (planification des interventions), la pérennisation des informations et l'organisation des moyens humains et matériels.

### Notion de coût de l'étude

Les coûts d'une telle étude sont en moyenne d'environ 28000 euros par km d'ouvrage.

## Interventions en salle : discussions et débats

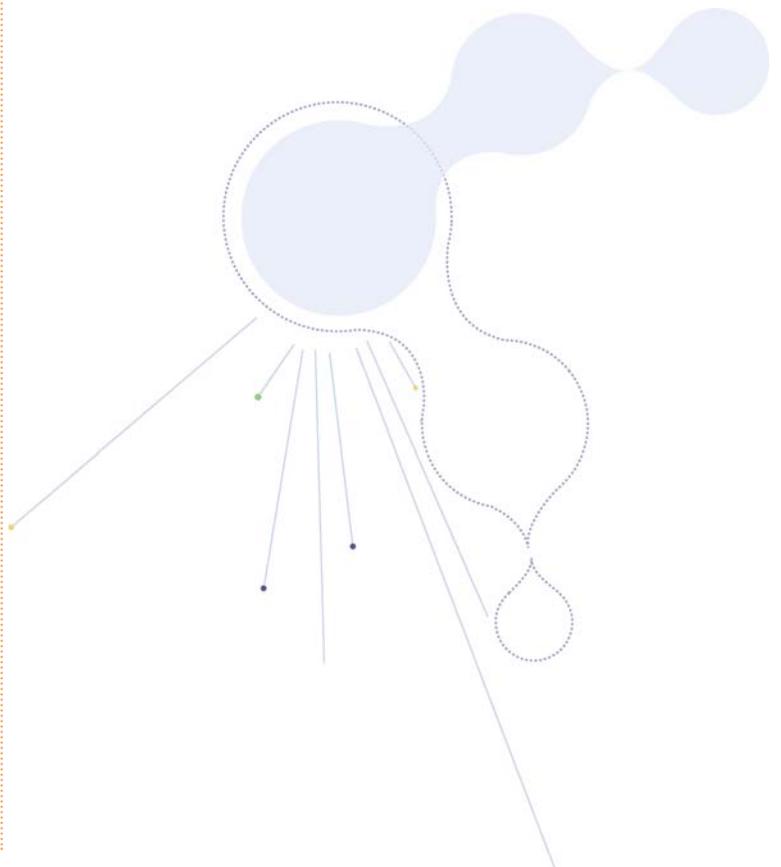


Quelle fiabilité peut on apporter à la modélisation alors qu'on ne connaît pas forcément la nature des matériaux constituant de la digue ?

Il peut parfois être nécessaire d'effectuer des sondages à la pelle mécanique car la nature de l'ouvrage est trop mal connue. Cela nécessite cependant des travaux de rebouchage complexes. Sur ce point, certains participants se posent la question de la représentativité des sondages.

L'intervenant précise que lorsque les matériaux sont identifiés, leur comportement en eau est assez bien connu.

La lourdeur de la démarche de diagnostic et des interrogations quant à son rapport coût/efficacité sont également soulevées par les participants.



# Participants

<b>Parc naturel régional du Luberon</b>	Amandine MARIE
<b>Parc naturel régional du Verdon</b>	Sylvie LANDIER
<b>Parc naturel régional de Camargue</b>	Stéphane MARCHÉ
<b>Conseil général des Alpes de Haute-Provence</b>	Xavier BERNARD
<b>Conseil général des Hautes-Alpes</b>	Isabelle CHOUQUET
<b>Conseil général des Hautes-Alpes</b>	Charlie PERDREAU
<b>Conseil général de Vaucluse</b>	Magali COMBE
<b>Conseil général de Vaucluse</b>	Lucie NERI
<b>Conseil général de Vaucluse</b>	Gilles BRIERE
<b>Syndicat mixte de l'Oise picarde</b>	Emeric CHARRON
<b>Syndicat d'aménagement de la Touloubre</b>	Laurent RHODET
<b>Syndicat d'aménagement de la Touloubre</b>	Corinne LACROIX
<b>Syndicat mixte de gestion intercommunautaire des Buëch et de ses affluents</b>	Eric BURLET
<b>Syndicat mixte de gestion intercommunautaire des Buëch et de ses affluents</b>	Adeline CESCO
<b>Syndicat mixte de gestion intercommunautaire des Buëch et de ses affluents</b>	Joëlle NOGUER
<b>Syndicat mixte du bassin versant du Lez</b>	Georges TRUC
<b>Syndicat mixte du bassin versant du Lez</b>	Stéphane MORENO
<b>Communauté de communes Pays Rhône-Ouvèze</b>	Gilbert RABANEL
<b>Communauté de communes Pays Rhône-Ouvèze</b>	Fabien FRACES
<b>Syndicat mixte du bassin des Sorgues</b>	Marc CHAROY
<b>Syndicat d'aménagement d'Entretien de la Méouge</b>	Frédéric MANALT
<b>Syndicat intercommunal d'Aménagement de la Nesque</b>	Yann MONNIER
<b>Syndicat intercommunal de la Cadière</b>	Marie BURDY
<b>Syndicat intercommunal de la Cadière</b>	Nicolas METSU
<b>Syndicat mixte d'entretien de la basse vallée du Var</b>	Caroline CERAULO
<b>Syndicat mixte d'aménagement de la vallée de la Durance</b>	Christian DODDOLI
<b>Syndicat mixte d'aménagement de la vallée de la Durance</b>	Bertrand JACOPIN
<b>Syndicat intercommunal du Bassin Sud-Ouest Mont-Ventoux</b>	Bernard REY
<b>Syndicat intercommunal du Bassin Sud-Ouest Mont-Ventoux</b>	Heidi FAIN
<b>Communauté locale de l'eau du Drac amont</b>	Bertrand BREILH
<b>CEMAGREF Aix en Provence</b>	Agnieszka ZAK
<b>Direction départementale de l'agriculture et de la forêt du Var</b>	Jacques LIONET
<b>Direction départementale de l'agriculture et de la forêt de Vaucluse</b>	Jean-Noël BARBE
<b>Direction départementale de l'agriculture et de la forêt de Vaucluse</b>	Nicolas MAUGER

**Coordination de la manifestation :**

Bernadette COSSON - ARPE

Véronique GUIGUET - ARPE

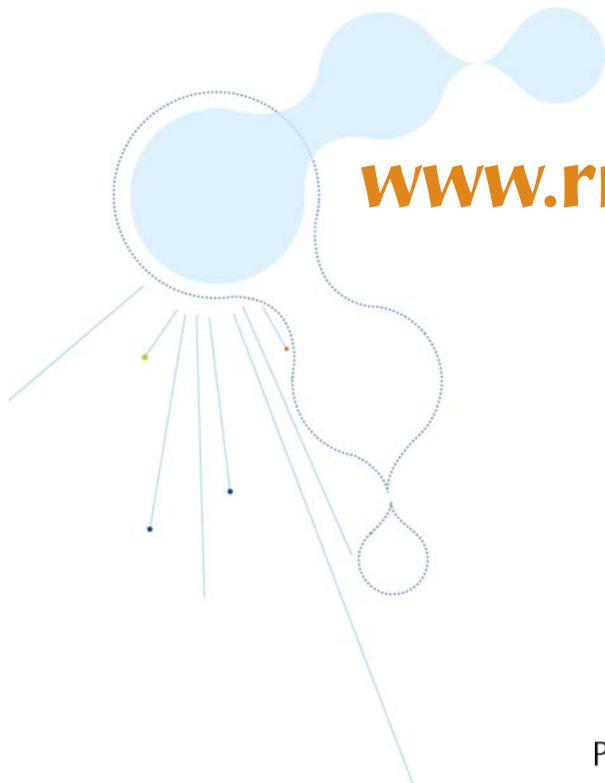
Olivier NALBONE - ARPE

**Retranscription des interventions et débats :**

Véronique GUIGUET - ARPE

**Maquette - Mise en page :**

Christine MIRALLES - ARPE



[www.rrgma-paca.org](http://www.rrgma-paca.org)

Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur



Direction Régionale de l'Environnement  
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR



Impression : **Avril 2007** - Imprimerie Brémond - labellisée Imprim'vert



Document imprimé avec des encres végétales sur papier recyclé répondant aux normes du label écologique Européen



**ARPE**  
PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR  
AGENCE REGIONALE POUR L'ENVIRONNEMENT

Pour tout renseignement :

Parc de la Duranne - B.P. 432000 - 13591 Aix-en-Provence cedex 03  
Tél. : 04 42 90 90 90 - Fax : 04 42 90 90 91 - E-mail : [contact@arpe-paca.org](mailto:contact@arpe-paca.org)

Réseau Régional des Gestionnaires  
de **MILIEUX AQUATIQUES**  
PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR