

Le Cemagref

La recherche pour l'ingénierie
de l'agriculture et de l'environnement

Digues : comment éviter les ruptures

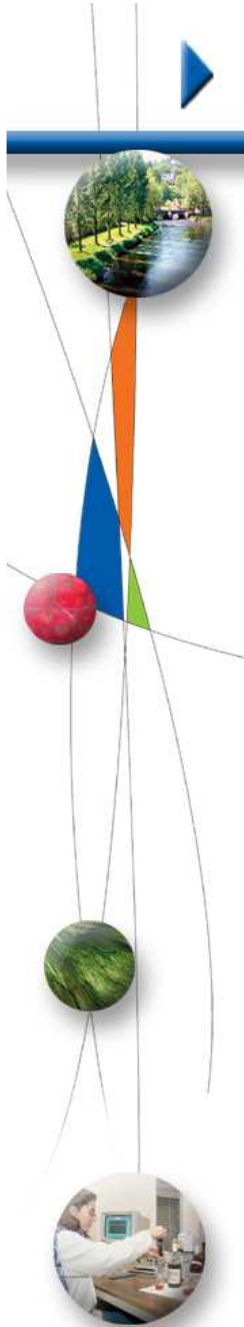
eau - territoires - développement durable



**Séminaire Le cyclone Katrina :
Quelles leçons pour l'Europe**

► Digues : comment éviter les ruptures

- **Solutions techniques aux problèmes de :**
(préventives & curatives)
 - **Surverse (érosion par)**
 - **Erosion interne**
 - **Erosion externe et affouillements**
 - **Rupture d'ensemble**
- **Le rôle du gestionnaire : connaissance, surveillance et entretien**
 - **Connaissance du patrimoine de digues**
 - **Surveillance et entretien courant**
 - **Surveillance et interventions en crue / post crue**



► Introduction : le diagnostic

- **La phase de diagnostic est essentielle :**

- Diagnostic des causes d'une dégradation : adaptation des confortements (ou réparations...) à la problématique (préventif et curatif)
- Diagnostic d'ensemble des digues d'un gestionnaire : priorisation des interventions de confortement

- **Les éléments d'un diagnostic :**

- Historique (des crues, des digues)
- Topographie
- Morphologie fluviale
- Inspection visuelle détaillée
- Reconnaissances géophysiques, géotechniques
- Modélisations hydraulique (externe, interne) et géotechnique

▶ La surverse / les déversoirs (1/4)

- **La surverse sur une digue en terre => brèche**
 - Presque dans tous les cas (si la crue est assez longue)
facteurs : charge, hauteur talus, durée, revêtement de surface
 - La surverse est inévitable pour les évènements exceptionnels :
la digue « insubmersible » est un mythe
 - La rupture (par surverse) est plus dangereuse que l'absence de digue
 - Il faut donc limiter les effets de cette surverse
- **La solution : le contrôle des déversements**
 - Suppression des points bas relatifs (préventif ET curatif y/c en crise)
 - Déversoir de sécurité : section de digue aménagée pour déverser
 - Pas de dommages sur le déversoir en cas de déversement, dommages contrôlés en aval
 - Au delà (déversement sur le reste de la digue) : dommages limités sur l'ouvrage comme dans la zone protégée
 - A associer à un plan de sauvegarde (surveillance et évacuation)

▶ La surverse / les déversoirs (2/4)

- **Les rôles et effets possibles d'un déversoir :**

- Protection de la digue (résistance à la surverse du déversoir et préremplissage qui améliore la résistance à la surverse du reste de la digue)
- Maîtrise de la surverse (limitation des dégâts dans la zone protégée par la digue)
- Contrôle du mode de remplissage (sécurité des personnes)
- Effet d'alerte (à intégrer dans les plans de gestion de crise)
- Rappel du risque (effet « mémoire »)
- Ecrêtement de crue (échelle du bassin)

- **Redéfinir les objectifs de protection :**

- Crue de projet de protection
- Crue de projet de sûreté
- A l'échelle de la zone protégée ET à l'échelle du bassin (ou du sous-bassin)

▶ La surverse / les déversoirs (3/4)

- **Les déversoirs : un enjeu majeur pour la sécurité des digues**

- Nécessité d'un déversoir sur des digues en remblai connue dès le XIX^e siècle (et bien avant)
- Reconnaissance de cette nécessité par la réglementation : **obligation** pour les ouvrages autorisés (s'applique aux nouveaux ouvrages, ouvrages à modifier, ouvrages intéressant la sécurité publique, autres)
- Facteur limitant essentiel : acceptation par les riverains de la nécessité et du choix de l'implantation du déversoir
 - Gestion de l'eau déversée impérative (vidange, évacuation, transit, ...)
 - Paramètres économiques à caler : comparaison du coût des inondations contrôlées, du coût de la protection et du coût des dommages aux zones protégées et aux digues elles-mêmes en l'absence de déversoirs.



▶ La surverse / les déversoirs (4/4)

- **Guide sur les déversoirs de sécurité**

- Ouvrage en cours de rédaction sous le pilotage d'un comité animé par le MEDD et sous la coordination technique du Cemagref
- Aspects techniques ET : historiques, sociologiques, économiques
- Destinataires : propriétaires et gestionnaires de digues, bureaux d'études techniques, services de l'Etat
- Ambition : donner l'ensemble des éléments de réflexion pour la conception de déversoirs de sécurité sur un système de digues de protection contre les inondations
- Echéance prévue : rédaction finale fin 2006/début 2007, parution courant 2007

► L'érosion interne

- **Erosion interne => brèche à court ou moyen terme**
 - Phénomène irréversible
 - Phénomène auto-accélérateur
- **Solution : respect des règles de l'art de conception d'un ouvrage hydraulique en remblai**
 - Etanchéité amont ou centrale + continuité verticale des étanchéités
 - Drainage aval
 - Respect des règles de filtre (interfaces entre couches)
 - Possible à tout moment :
 - conception (modélisation) (y/c possibilité ouvrage homogène)
 - confortement préventif (diagnostic + modélisation)
 - y compris en crue (remblai drainant côté val, avec filtre), confortement définitif à prévoir ultérieurement

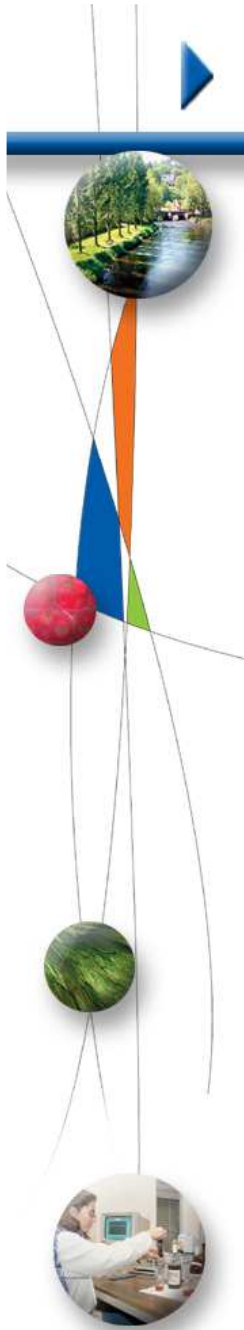
► L'érosion externe et les affouillements

- **Ne conduisent pas toujours à une brèche**

- Nécessité d'enchaînement de désordres
- Mais dégradations importantes et très dangereuses tout de même (risque élevé de dégradations ultérieures)

- **Solutions :**

- Préventif ou curatif (hors crue) :
 - Éloigner la digue du lit mineur (de la berge)
 - Protection mécanique du pied de digue et du talus côté rivière
- En crue :
 - ??? - Problème délicat (délais, conditions de réalisation)
 - Apport de matériaux (attention à la sécurité des intervenants)
 - côté rivière (enrochements) : résultat aléatoire
 - engraissement préventif côté val : risque de perte de perméabilité, inefficace en cas de forts affouillements
 - construction de digue « au large » : problème de délai



▶ La rupture d'ensemble

- = glissement pour un ouvrage en remblai => brèche à court ou plus ou moins long terme

- Se produit souvent en période plutôt favorable (décru) mais nécessité d'intervenir en prévention d'une nouvelle crue
- Phénomène auto-accélération

- **Solution : respect des règles de l'art de conception d'un ouvrage hydraulique en remblai**

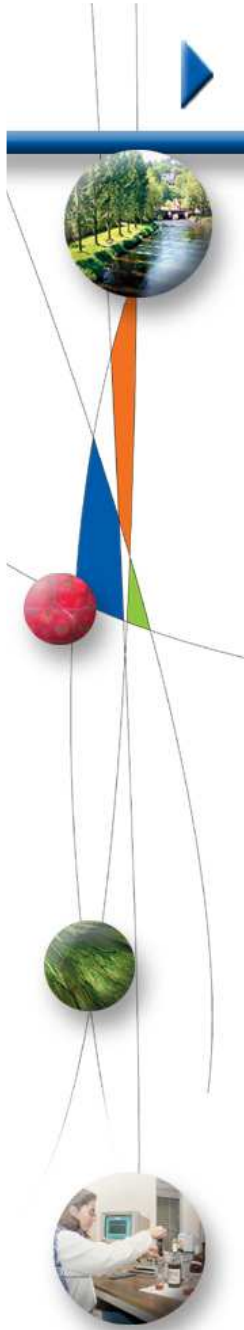
- Calcul des angles de talus avec :
 - caractéristiques mécaniques et hydrauliques réelles des matériaux
- Bonne conception étanchéité / drainage
- Comment, quand ?
 - Immédiatement après la crue : recharge (côté rivière ou côté val, avec filtre)
 - Hors crise : conception « professionnelle »

- **Concerne aussi les ouvrages « en dur »**

- Ouvrages type poids, ou comprenant des éléments rigides
- => bonne conception, sinon diagnostic « personnalisé » et confortements

▶ Le rôle du gestionnaire (1/5)

- **La connaissance du patrimoine de digues : la base**
 - Une évidence ??? Oui, mais...
 - Rappel de la nécessité d'un diagnostic, et a minima de ses éléments préliminaires :
 - Historique (des crues, des digues)
 - Topographie
 - Morphologie fluviale
 - Inspection visuelle
 - Dossier de l'ouvrage : plans, événements (crues)
 - Comprenant l'inspection visuelle initiale et complète



▶ Le rôle du gestionnaire (2/5)

- **La surveillance et l'entretien courant**

- Surveillance régulière (après une inspection visuelle initiale complète - « état zéro »)
- Personnel habitué à l'ouvrage
- Repérage des désordres et évolutions de ceux-ci
 - Végétation
 - Terriers
 - Erosions et affouillements
 - Mouvements
 - Vieillessement des maçonneries, joints, ouvrages, ...
- Planification des interventions :
 - Régulières (entretien de la végétation, des voiries, des ouvrages)
 - Exceptionnelles (suite à constat d'un désordre grave ou susceptible d'évoluer rapidement)
 - Confortement d'ensemble de secteurs généralement dégradés

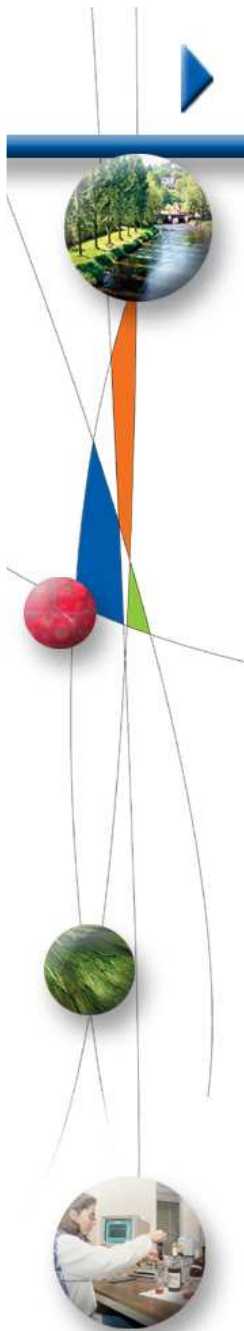
▶ Le rôle du gestionnaire (3/5)

- **Surveillance et intervention en crue**

- Objectif : prévenir la brèche en crue, limiter les autres dégradations
- Moyens = surveillance nécessitant :
 - Accès (chemin en crête et en pied côté val), plans
 - Sécurité du personnel (véhicule, communication, gilets de sauvetage, travail en groupe, ravitaillement, ...)
 - Organisation préalable, contacts réguliers terrain-bureau
- Observation des désordres :
 - Surverse
 - Fuites, renards
 - Erosions, affouillements
 - Saturation, piézométrie, mouvements de terrain
- Interventions d'urgence (pour éviter les brèches)

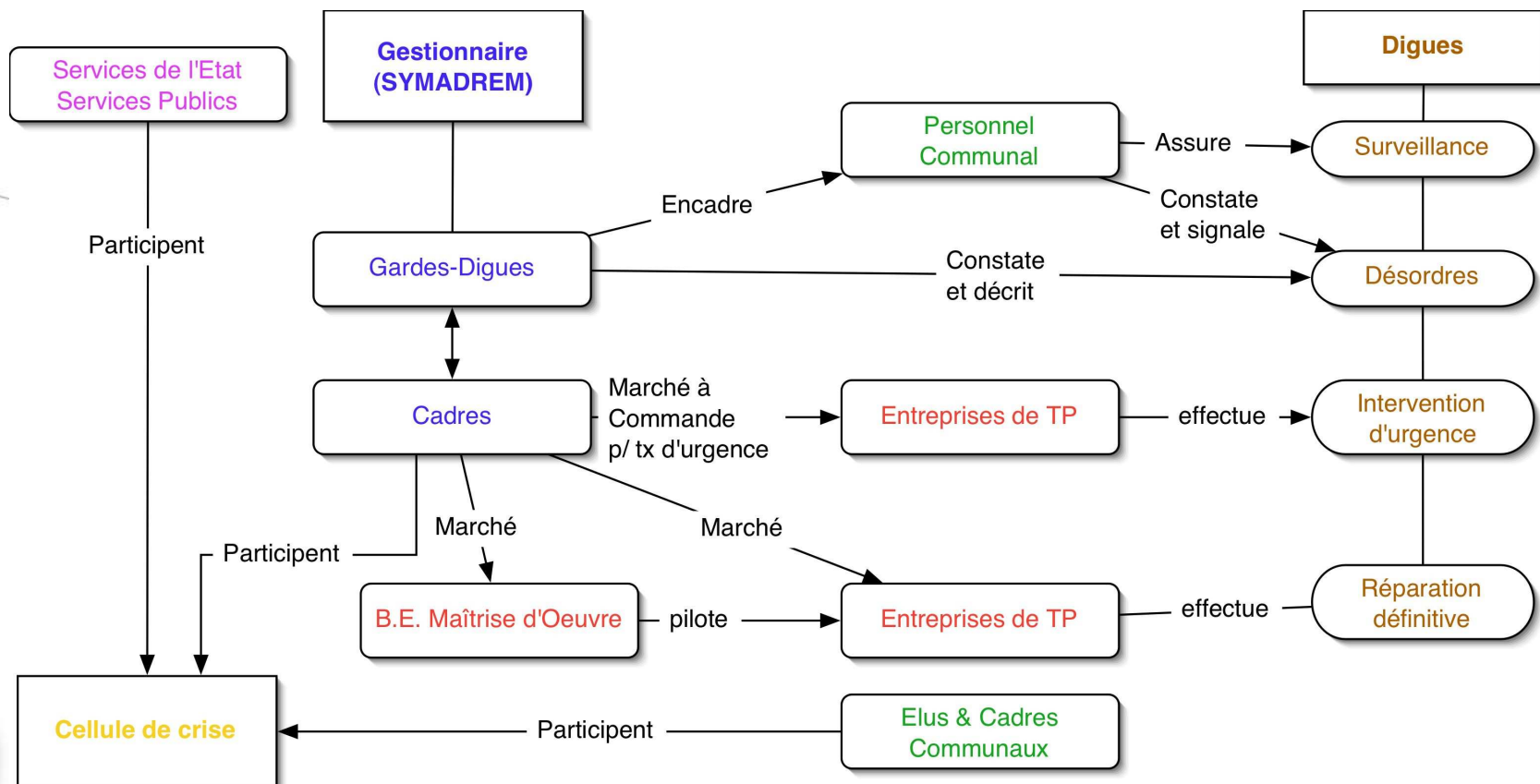
- **ET : inspection post-crue (complète)**

- **Réparations définitives ultérieures**



▶ Le rôle du gestionnaire (4/5)

- **Surveillance et intervention en crue : l'exemple du SYMADREM**



► Le rôle du gestionnaire (5/5)

- **Un outil pour le gestionnaire : le SIRS Digues**

- Système d'information géographique dédié aux gestionnaires de digues
- Stockage, archivage et exploitation de l'ensemble des données relatives aux digues
 - Modèle de données « générique » développé par le Cemagref
 - Gestion géographique ET historique des données
 - Pérennisation du patrimoine des données
- Possibilité d'intégrer un module de calcul d'indicateur de performance (recherches en cours)
 - Priorisation des interventions

► Bibliographie

- **Méthodologie de diagnostic des digues appliquée aux levées de la Loire moyenne (2000)**
- **Surveillance, entretien et diagnostic des digues de protection contre les inondations (rééd. 2004)**
- **Sécurité des digues fluviales et de navigation (Actes du colloque CFGB - 25-26 novembre 2004)**
- **Méthodes géophysiques et géotechniques pour le diagnostic des digues de protection contre les crues (2004)**

Cemagref Editions

<http://www.cemagref.fr/Informations/Produits/Editions/Eau/Barrages.htm>