Intérêts et limites des ouvrages de protection contre les inondations

Rémy Tourment – UR OHAX

Journée ECCOREV
Vendredi 22 juin 2012

Pour mieux affirmer ses missions, le Cemagref devient Irstea

www.irstea.fr

2

Présentation IRSTEA et OHAX

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES POUR L'ENVIRONNEMENT ET L'AGRICULTURE

Etablissement public de recherches

- 9 centres en France métropolitaine
- www.irstea.fr

Centre d'Aix en Provence

- 3 Unités de Recherche
- 4 Groupes de recherche

Groupe de recherches Ouvrages Hydrauliques

- 3 équipes (/discipline scientifique)
- Thème fédérateur : performance et sécurité (durabilité) des ouvrages hydrauliques
- Contexte des recherches : en France : des milliers de barrages autorisés et près de 10 000 Kms de digues – ouvrages en service souvent anciens, et dont beaucoup « intéressent la sécurité publique ». Les crues sont, pour ces ouvrages, comme pour les populations riveraines des cours d'eau, une source majeure de risque.

3

4

Les ouvrages de protection contre les crues

<u>La protection dans le cadre de la prévention du risque inondation</u> :
un élément parmi d'autres :

- Connaissance des aléas et des enjeux
- Surveillance, prévision, vigilance et alerte
- Education et information préventive des citoyens
- Réglementation et plan de prévention des risques
- Réduction de la vulnérabilité et **<u>protection</u>**
- Résilience et mise en sûreté
- Mémoire et Retour d'expérience
- Adaptation aux impacts attendus du changement climatique

Seuls, des ouvrages sont INSUFFISANTS à prévenir correctement le risque inondation

<u>Les ouvrages de protection :</u>

- Barrages (écrêteurs de crue)
- Digues (de protection contre les inondations ou les submersions marines)
- Ouvrages de ralentissement dynamique (barrages, digues, canaux, …)

NB1 : Ils peuvent avoir d'autres fonctions (entre autres protection contre l'érosion).

NB2 : Des barrages ou des digues existent SANS cette fonction de protection.
(eau potable, hydroélectricité, navigation, …)

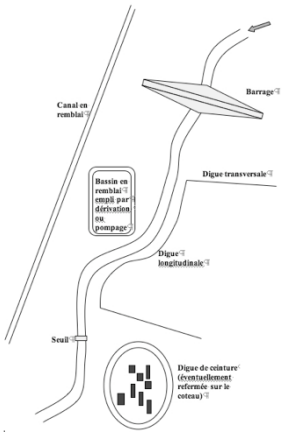
5

Les différents types d'ouvrages hydrauliques

Fonctionnellement :
Barrages
Seuils
Digues
Canaux (remblai ou déblai ou partiellement les deux)
Bassins

Réglementairement :
digue OU barrage

Techniquement (structurellement) :
de nombreux types d'ouvrages
(pas détaillés dans ce court exposé)

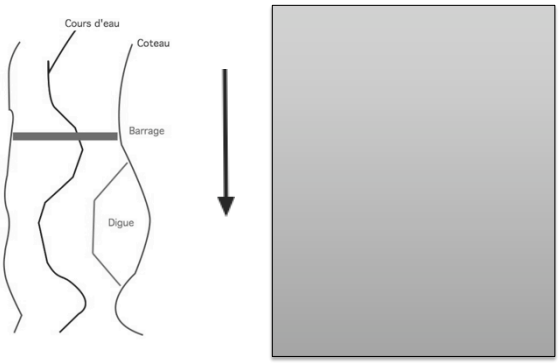


6

Digue ou barrage ???

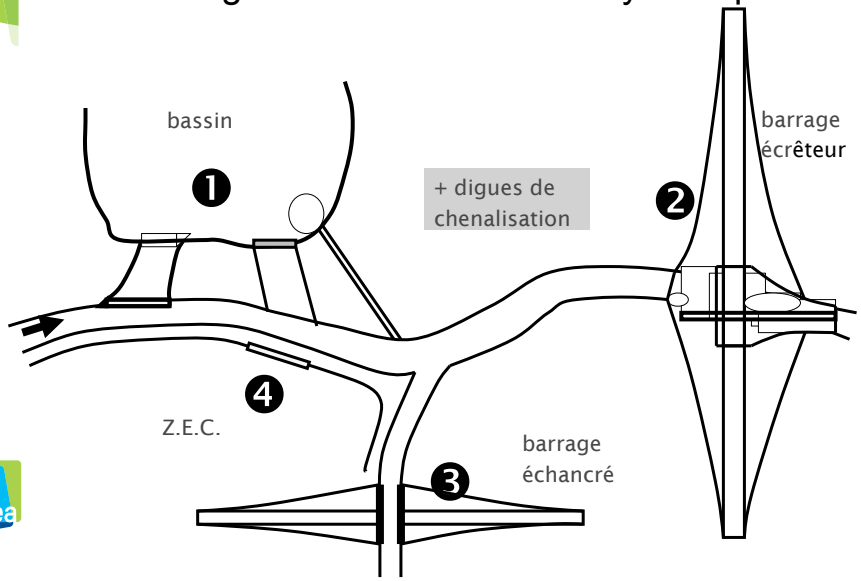
Un barrage RETIENT de l'EAU

Une digue EMPÊCHE l'eau d'atteindre une zone (ou retarde ce phénomène) et/ou chenalise l'écoulement de l'eau



7

Les ouvrages de ralentissement dynamique



8

Les limites de la protection d'un ouvrage

Objectifs de la protection contre les inondations : en cas de crue :

- diminuer (empêcher) les pertes en vies humaines,
- réduire les pertes économiques (directes et indirectes),
- réduire les autres impacts (pertes de biens non remplaçables, traumatismes, …).

Néanmoins, la protection absolue contre les inondations par des ouvrages est illusoire :

- tous les ouvrages ont une limite (dimensionnement – niveau de protection)
- les ouvrages eux-mêmes créent un risque (insuffisance ou mauvaise estimation de la protection effective, rupture)
- les ouvrages ont des impacts indésirables, y compris sur les crues elles-mêmes

9

Les barrages : fonctions et limites

Fonction des barrages écrêteurs de crue :

- en retenant de l'eau, diminuer l'impact des crues sur le cours d'eau EN AVAL du barrage : le débit aval est limité pendant la phase de remplissage

Limites :

- volume de stockage
- durée de remplissage pendant laquelle le débit est régulé à l'aval (liée au volume)
- au delà, pas de risque spécifique (attention à la crue de danger néanmoins, vérifier le bon dimensionnement des évacuateurs)

Impacts non souhaitables

- écologie (on peut minimiser ces effets – cf ralent. dyn.)
- transport solide, alluvionnement, …

10

Barrage écrêteur de crue (Nîmes)

11

Les digues : fonctions et limites

Fonction :

- empêcher l'eau d'inonder un territoire (ou retarder cette inondation ou minimiser ses effets)
- éventuellement lutter contre l'érosion (fixer la limite eau/terre)

Limites :

- niveaux de protection, de sûreté, de danger
- au delà, selon conception du système (déversoirs), risque de rupture incontrôlée ou inondation contrôlée
- en cas de rupture (dont la probabilité n'est pas négligeable) les conséquences sont aggravées par rapport à une inondation sans digue

Impacts non souhaitables :

- impacts hydrauliques : aggravation de la crue en aval et sur la rive opposée (débits, niveaux, temps d'arrivée)
- impacts morphodynamiques : accélération du flux, donc incision du lit et érosion
- augmentation des enjeux et de la vulnérabilité

Cas le plus défavorable : digue en contact direct avec le cours d'eau

12

Déversoir sur digue (Vidourle)

13

La rupture des ouvrages

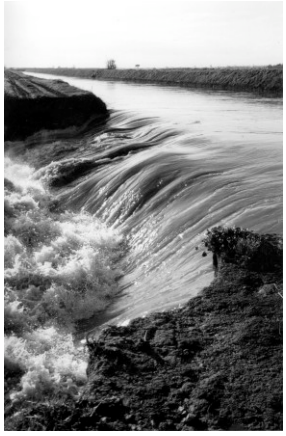
LE RISQUE AU LIEU D'ÊTRE DIMINUÉ PEUT ÊTRE AGGRAVÉ !!!!

Un ouvrage de protection superpose un aléa technologique à un aléa naturel : la rupture de l'ouvrage. Les causes de rupture peuvent être diverses :

- techniques : vices de conception, de construction ou de matériaux, vieillissement, défaut de fonctionnement des vannes permettant l'évacuation des eaux ;
- naturelles : séismes, crues exceptionnelles, glissements de terrain (soit de l'ouvrage lui-même, soit des terrains entourant la retenue et provoquant un déversement sur le barrage) ;
- humaines : insuffisance des études préalables et du contrôle d'exécution, erreurs d'exploitation, de surveillance et d'entretien, malveillance, décision "à chaud".

Nota : une même cause de la liste ci-dessus concerne plusieurs des types. Exemple : une crue exceptionnelle est une cause naturelle, mais aurait dû être prise en compte dans la conception de l'ouvrage. De la même manière, la limite entre cause humaine et cause technique est parfois un peu floue.

14



Breches sur digues :
- Aimargues
- Vigueirat

15

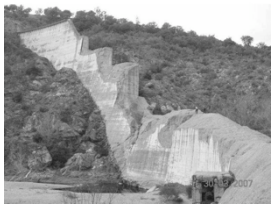
Les modes de rupture des ouvrages

Ouvrages en remblai (ruptures "progressives")

- Erosion par surverse
- Erosion externe (digues / courant)
- Glissement (coté eau / autre coté)
- Erosion interne
- Autres mécanismes (liquéfaction, …)
- Combinaisons de mécanismes (scénarios)

Ouvrages poids (rigides) (ruptures "brutales")

- Glissement
- Renversement
- Fissuration



De nombreuses ruptures de barrages et de digues, y compris en France

• un (petit) barrage par an environ

• de nombreuses digues lors de chaque événement les sollicitant (crue, tempête)

16

Comment s'assurer de la sécurité des ouvrages ?

Bonne conception et réalisation

- ingénierie (règles de l'art, contrôle exécution)

Bonne gestion (cf réglementation)

- connaissance des ouvrages
- suivi des ouvrages
- entretien

Les digues existantes sont des ouvrages :

- anciens
- mal connus
- hétérogènes
- avec une gestion peu appropriée dans la plupart des cas (moyens techniques et financiers)
- où la cote de sureté peut être inférieure à la cote APPARENTE de protection, ou la cote de danger égale à la cote de protection

Le parc est important (9.000 kms)

Le risque de rupture des digues existantes n'est pas négligeable.

17

La réglementation

Objectif de la réglementation :

S'assurer de la sécurité des ouvrages

En France, la réglementation ne définit pas le dimensionnement (niveau de protection) des ouvrages, à la différence d'autres pays, y compris européens. Par contre les niveau de sûreté et de danger des ouvrages s'y rattache (indirectement).

Obligations du Maitre d'ouvrage (= propriétaire d'un barrage, gestionnaire d'un système de digues) :

- dossier d'ouvrage, registre (barrages, facultatif pour digues)
- diagnostic initial (digues)
- visites techniques (routine, VTA),
- consignes
- étude de dangers
- revue de sûreté, examen technique complet
- EISH
- ingénierie "agréée"

Obligations de l'Etat

- contrôler les actions des maitres d'ouvrages

18

Les études de dangers des ouvrages

L'étude de dangers expose les risques que présente l'ouvrage pour la sécurité publique, directement ou indirectement en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'ouvrage. Cette étude prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. => CONNAISSANCE DU RISQUE, améliorations

Tous ouvrages :

- Identification des risques

Barrages :

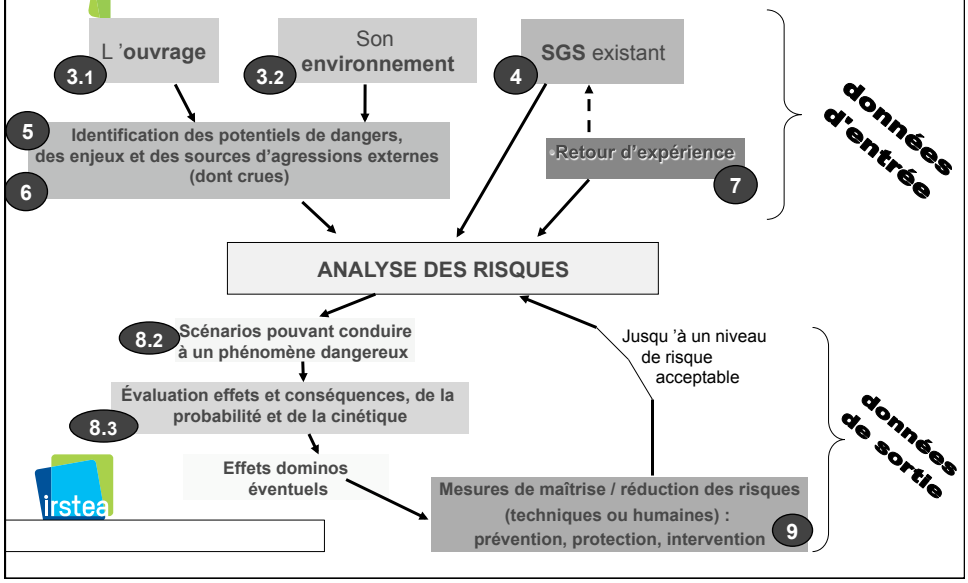
- aléas de rupture du barrage
- calcul d'onde de rupture (un ou quelques scénarios)

Digues :

- diagnostic de sureté (risque de rupture)
- conséquences hydrauliques (différents scénarios)

19

L 'EDD repose sur une démarche d'analyse de risques :



20

Les études de danger, pour qui, pourquoi

Au delà de l'obligation réglementaire :

Pour le gestionnaire de digues :

- connaissance des risques associés aux différentes parties de son ouvrage : priorisation de ses actions (mesures structurelles et non structurelles)
- dialogue avec ses financeurs, justifications
- communication auprès des collectivités et des populations

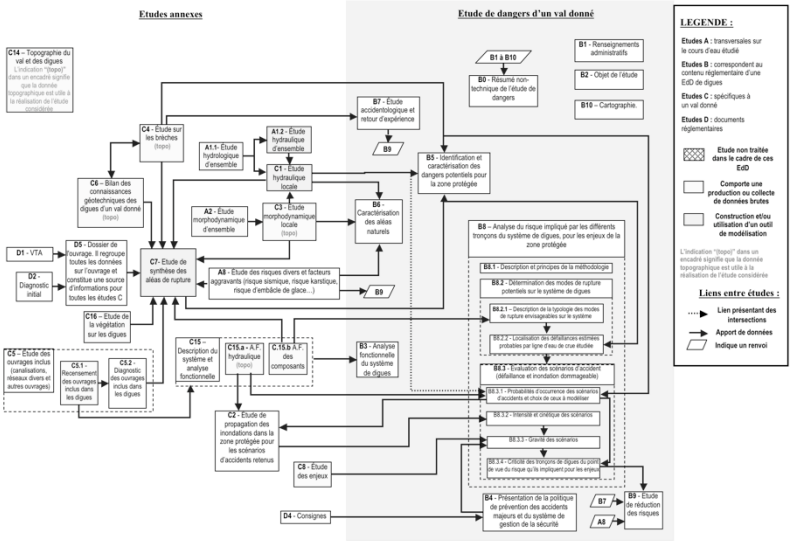
Pour l'Etat :

- communication aux services de secours (organisation)
- communication des risques aux autres gestionnaires d'ouvrages à risque, aux communes => mise en cohérence des documents (études de dangers, plans de gestion de crise)

bien entendu, pour tous : aider à réduire le risque

21

EDD Digues de Loire, méthodologie Irstea



22

Les ouvrages hydrauliques

DISCIPLINES SCIENTIFIQUES DIRECTEMENT CONCERNÉES

Pour étudier la sécurité/fiabilité des ouvrages hydrauliques :

Hydrologie, hydraulique
Géomécanique, géotechnique
Génie civil
Morphodynamique
Sûreté de fonctionnement

⇒Domaine pluridisciplinaire par nature

Relations entre l'ouvrage et son environnement : de très nombreuses autres disciplines (voir diapos suivantes)

23

UR OHAX et collaborations pluridisciplinaires

QUELQUES EXEMPLES

Projet DIGSURE : indicateurs de performance des digues et indicateurs de vulnérabilité des zones protégées (sociologie, ethnographie, écologie/ environnement, économie, sciences de l'information)

Projets "racines" :

- Interreg Génialp : analyse de l'enracinement des arbres sur berges et digues (biologie et écologie)
- Procope et Detecine : détection des racines par méthodes électriques (géophysique)
- Croissance et décomposition racinaire : analyse des vitesses de croissance et décomposition des racines dans les digues (dendrologie et chimie)

ECCOHP (soutenu à l'époque par ECCOREV) qui s'est voulu "Cemagref/ Centre d'Analyse Economique de l'Univ Aix" et qui s'est terminé "Cemagref Aix/Montpellier et SI Touloubre", avec problème de subvention

24

Considérations d'ordre économique

La décision de construire ou maintenir en service un ou des ouvrages de protection devrait être basé sur une analyse multi-critères, comprenant :

- la protection effective (différents niveaux)
- une analyse coûts bénéfices
- les autres éléments de choix des décideurs (sociologie, environnement, économie au sens large, …)

ACB : sur la durée de vie de l'ouvrage (collaboration avec IRSTEA Montpellier)

- coût de réalisation/réhabilitation de l'ouvrage
- coût d'entretien (y compris suivi -voir réglementation-, travaux et grosses réparations)
- dommages évités

25

Considérations d'ordre environnemental

A priori la fonction des ouvrages de protection est la protection, et l'utilisation DIRECTE des ouvrages comme participant à la biodiversité ou à une autre fonction environnementale n'est pas compatible.

La présence d'espèces végétales ou animales sur l'ouvrage lui même se fait au détriment de sa sécurité.

On peut assigner à un projet d'ouvrages de protection une composante environnementale, mais généralement :

- cela aura nécessairement un coût
- cela débordera le cadre strict de l'ouvrage (en terme d'implantation)

Exemples :

- retenue à but écologique (barrage)
- ZEC à but écologique (ralentissement dynamique)
- ségonnal large participant à la biodiversité mais aussi à la sécurité (digues)
- remblais de protection très larges (?) avec espèces naturelles

26

Conclusions (1/2)

LES OUVRAGES DE PROTECTION ET LA SÛRETÉ

Fonction de protection souhaitée, or il ne suffit pas que l'ouvrage "soit là", il peut être dangereux, d'autant plus pour des ouvrages pas souvent sollicités, comme les ouvrages de protection

Nécessité d'un maitre d'ouvrage (bien dimensionné, en terme de moyens et de territoire) qui assure le suivi et l'entretien, assisté de bureaux d'études techniques compétents

Un outil essentiel pour un ouvrage existant : l'étude de dangers. Bilan de la fonction de l'ouvrage et des risques potentiels liés à l'insuffisance ou à la rupture de l'ouvrage.

Le diagnostic doit être "permanent" comme la réglementation l'impose.

Les méthodes de diagnostic (y/c connaissance des phénomènes et reconnaissances) doivent être encore améliorées dans l'avenir (travaux méthodologiques et de recherche).

Les travaux sur les ouvrages de protection, intégrant leur intégration dans un environnement (au sens large) complexe, font appel à de très nombreuses disciplines.

27

Conclusions (2/2)

LES OUVRAGES DE PROTECTION ET L'INTERDISCIPLINARITE

Par nature, du fait de leur intégration en terme d'environnement et de par leur propre fonction, les ouvrages hydrauliques demandent à être étudiés à travers une grille pluri ou multi-disciplinaire.

La complexité du milieu environnant, comme la complexité de l'analyse des Zones Protégées demandent une modélisation complexe faisant appel à des analyses croisées utilisant de très nombreuses disciplines, sans pareler des disciplines "de base" déjà très nombreuses, strictement nécessaires à l'étude de la sécurité des ouvrages.

28

Merci de votre attention !!!

QUESTIONS ?

brèche de Petite Argence (Petit Rhône, 2003), photo P. Mériaux