Les études de dangers de systèmes d'endiguement

EDD Tours sud
Saint-Avertin (Cher)

½ journée EP Loire
5 décembre 2016

Pour mieux affirmer ses missions, le Cemagref devient Irstea

www.irstea.fr

Rémy Tourment
Unité de Recherche RECOVER
Aix en Provence

Laurence CASTAGNET
Service des Eaux
Ville de TOURS

Rémy Tourment
en collaboration avec
Bruno Beullac
Irstea - UR RECOVER

Méthodologie Irstea pour l'analyse de risque des systèmes d'endiguement

:

les Etudes de Dangers

Avant propos

Une Etude de Dangers d'un système de digues est en fait une Analyse du risque associé à ce système, donc une analyse du risque inondation de la zone protégée par ce système.

Une Etude de Dangers est une analyse de risque d'un format bien particulier, complétée (version 2008) par des éléments supplémentaires : une EVALUATION du risque et des MESURES DE> REDUCTION DU RISQUE

Risque inondation de la zone protégée résulte :
- du phénomène naturel contre lequel on se protège
- des limites de la protection du système
- du risque de rupture ou défaillance du sytème
=> combinaison d'aléa naturel et d'aléa technologique

Méthodologie développée par Irstea

Irstea a effectué des travaux méthodologiques visant à développer une méthode de réalisation des EdD de systèmes d'endiguements, en lien avec différents travaux et partenaires :

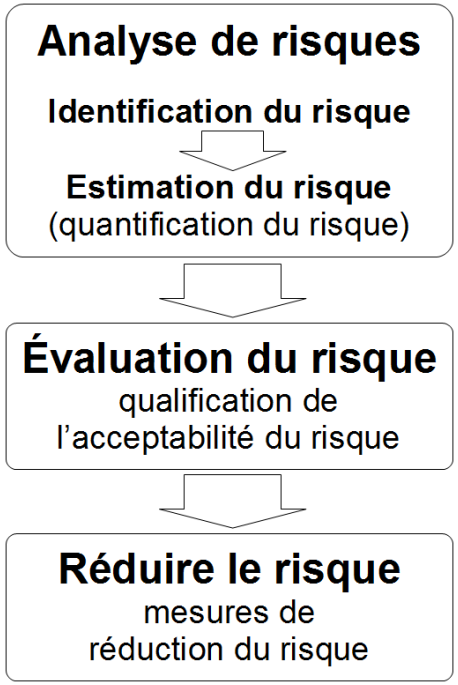
- **EdD des digues de classe A de la Loire moyenne puis des digues de classe B et C (partenariat DREAL Centre, CETE Blois)**
- **EdD avec d'autres partenaires (Ville de Tours, CD76, CC Oléron, EP Loire)**
- **International Levee Handbook**
- **Projet FloodProBE**
- **Travaux Irstea sur EdD barrages, diagnostics digues et barrages**

Cette méthodologie comprends plusieurs niveaux d'analyse :

- **Cadre d'analyse de risque des systèmes d'endiguement**
- **Décomposition de l'analyse de risque en "études élémentaires"**
- **Analyse fonctionnelle et analyse des modes de défaillance**

1. Analyse de risque et systèmes de protection

- **Le principe d'analyse de risques est apparu dans la deuxième moitié du 20e siècle dans des domaines industriels tels que le nucléaire, l'aéronautique, la chimie ou encore le militaire. Cette analyse est la première étape d'un processus qui vise à estimer, évaluer et réduire les risques associés à des systèmes de toute nature.**
- **Pour un système donné, l'objectif de l'analyse de risques est d'abord d'identifier le risque puis de l'analyser pour enfin aboutir à son estimation. L'estimation du risque consiste en l'estimation de la probabilité de défaillance du fonctionnement du système considéré puis à l'estimation des conséquences qui peuvent en résulter.**



1. Analyse de risque et systèmes de protection

En nous basant sur la démarche développée dans le cadre du chapitre 5 de l'International Levee Handbook, nous avons décomposé l'analyse de risque des systèmes de protection en huit composantes :

- **étude accidentologique,**
- **identification du risque,**
- **estimation de la probabilité de l'évènement hydraulique,**
- **probabilité de défaillance de la digue,**
- **modélisation de l'inondation,**
- **conséquences,**
- **efficacité des contrôles existants,**
- **estimation/attribution du risque.**

1. Analyse de risque et systèmes de protection

Les résultats de l'analyse de risques sont ensuite utilisés dans deux actions successives :

- **l'évaluation du risque,**
- **la définition des mesures de réduction du risque.**

L'estimation des lacunes subsistant dans les connaissances est une nécessité à toutes les étapes pour évaluer les INCERTITUDES sur les résultats intermédiaires et finaux. Elle doit prendre en compte aussi bien :

- **les lacunes sur les données (incertitudes, incomplétudes, imperfections)**
- **les lacunes en terme de méthodologie (utilisation de dires d'expert au lieu de modèles validés, de modèles empiriques au lieu de modèles basés sur des lois physiques, de modèles pas bien adaptés, …)**

Il est nécessaire de faire une estimation du risque même si on ne dispose pas de toutes les données et méthodes nécessaires à une estimation exacte ; il est néanmoins également nécessaire de présenter le niveau de fiabilité du résultat obtenu.

1. Analyse de risque et systèmes de protection

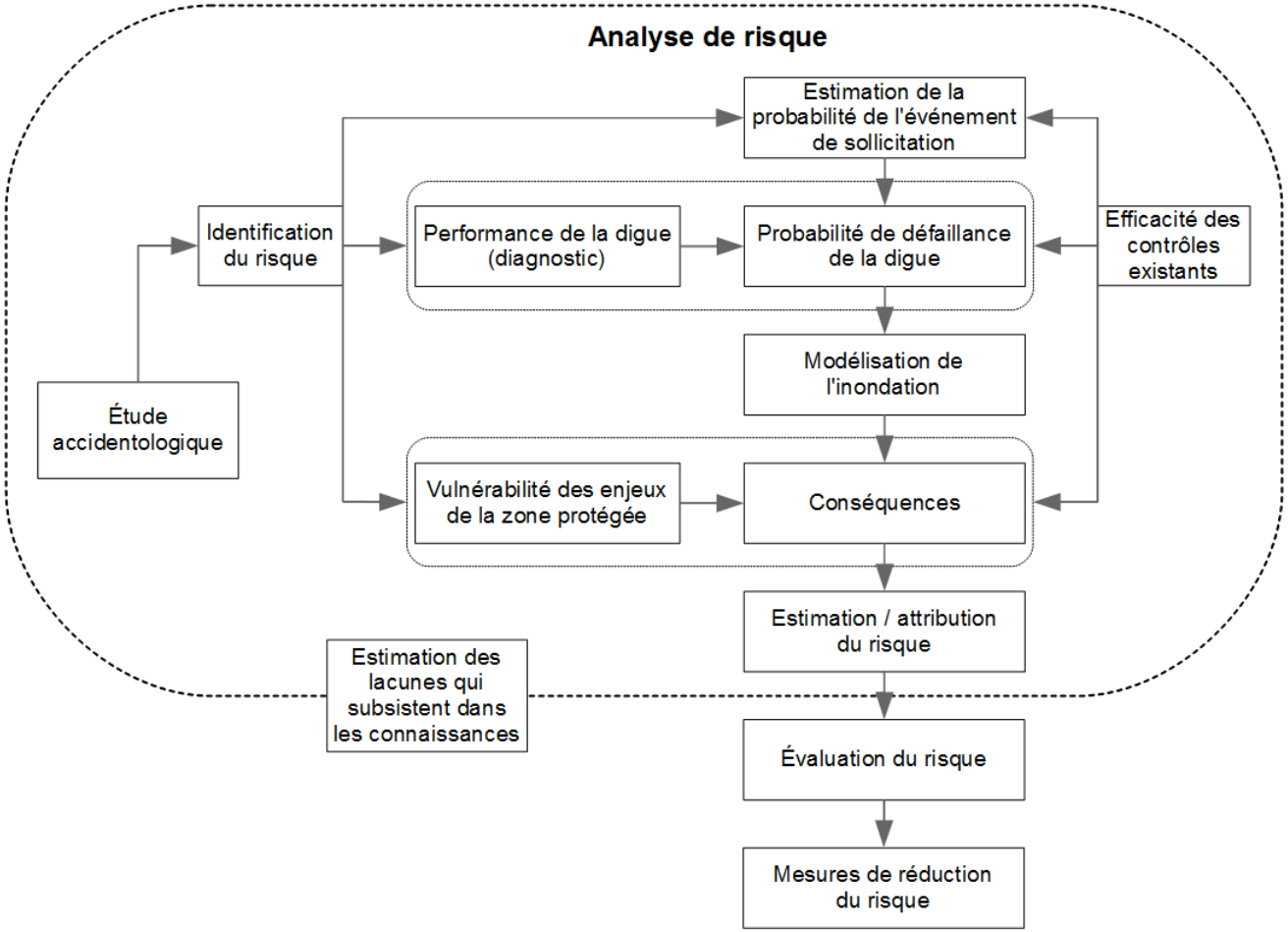
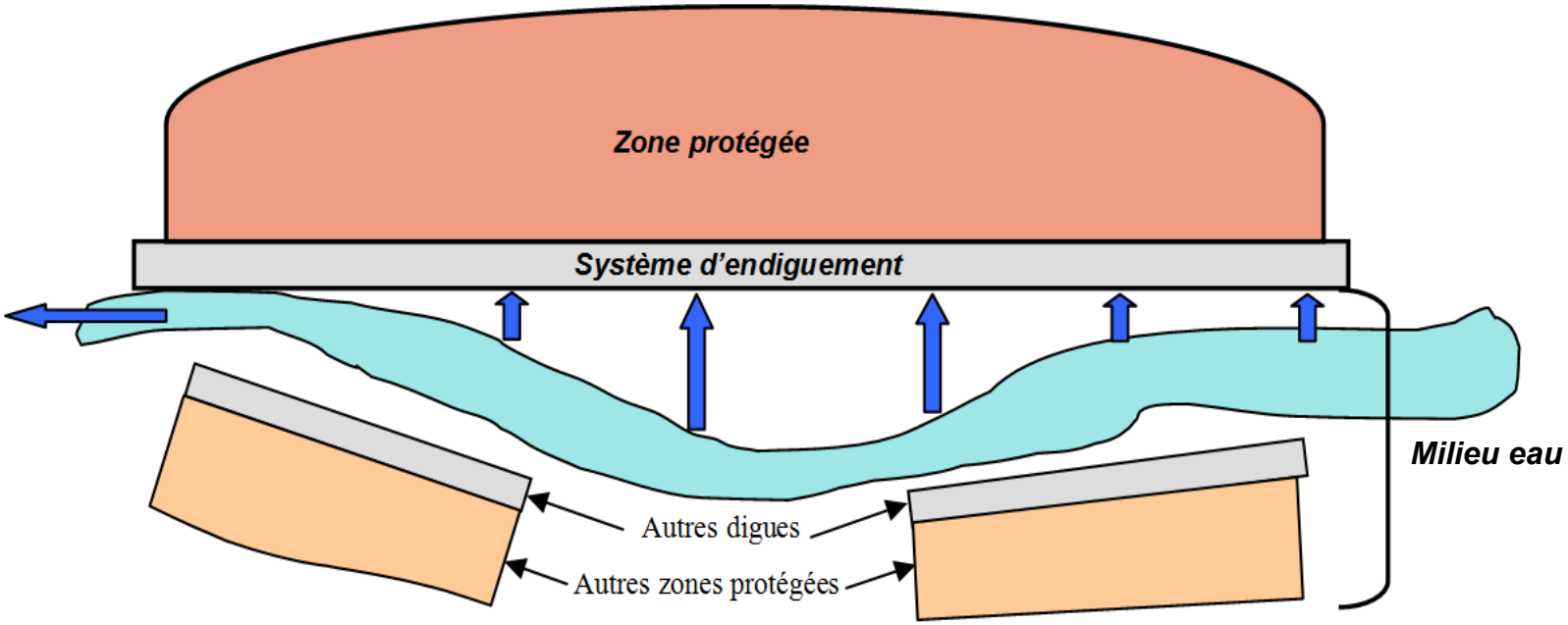


Schéma : R. Tourment, International Levee Handbook

2. Etude de dangers de systèmes d'endiguement

Une EdD de digues porte sur un ensemble composé :

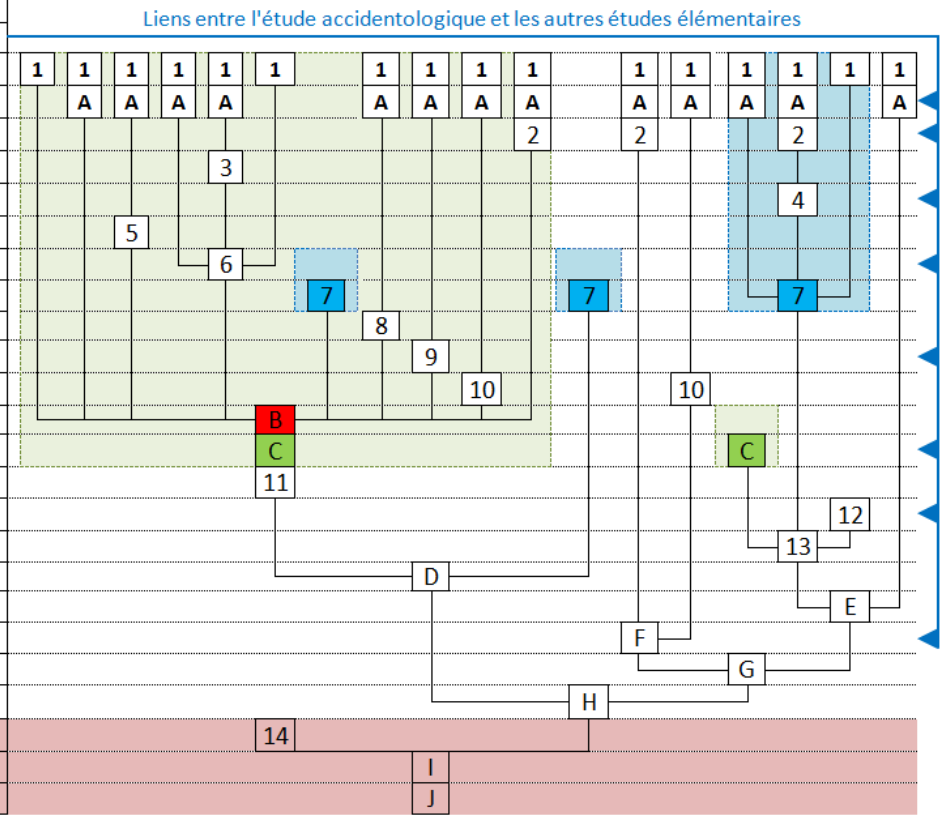
- d'un système d'endiguement
- d'un ou plusieurs milieux eau
- d'une zone protégée



2. Etude de dangers de systèmes d'endiguement

Diagramme de décomposition d'une analyse de risques de système d'endiguement en études élémentaires

	Etudes élémentaires (objectifs/étapes)	Utilisation dans le rapport EdD
0	Etude accidentologique du système endigué	Chap. 7
1	Topographie	Chap. 3
A	Définition du périmètre de l'étude et identification du risque	Chap. 2 ; 3
2	Analyse de la gestion de la sécurité (eau, endiguement, zone protégée)	Chap. 3 ; 4
3	Morphodynamique globale	Chap. 3 ; 6
4	Hydraulique globale (évènements extrêmes et niveaux correspondants)	Chap. 3 ; 6
5	Caractérisation géotechnique et structurelle du système d'endiguement	Chap. 3
6	Comportement morphodynamique local du milieu eau	Chap. 3 ; 6
7	Comportement hydraulique local du milieu eau	Chap. 3 ; 6
8	Ouvrages inclus dans le système d'endiguement	Chap. 3
9	Autres actions et facteurs aggravants	Chap. 3 ; 6
10	Recensement des enjeux	Chap. 3
B	Analyse fonctionnelle du système d'endiguement	Chap. 3
C	Analyse de la défaillance du système d'endiguement	Chap. 5 ; 8
11	Probabilités conditionnelles de défaillance	Chap. 8
12	Géométrie et dynamique de brèches	Chap. 5 ; 8
13	Caractérisation des entrées d'eau dans la zone protégée	Chap. 5 ; 8
D	Probabilités des inondations	Chap. 8
E	Intensité et cinétique des inondations	Chap. 8
F	Vulnérabilité des enjeux	Chap. 8
G	Gravité des conséquences	Chap. 8
H	Estimation du risque d'inondation	Chap. 8
14	Acceptabilité du risque	Chap. 8
I	Evaluation du risque d'inondation	Chap. 8
J	Mesures de réduction du risque	Chap. 9

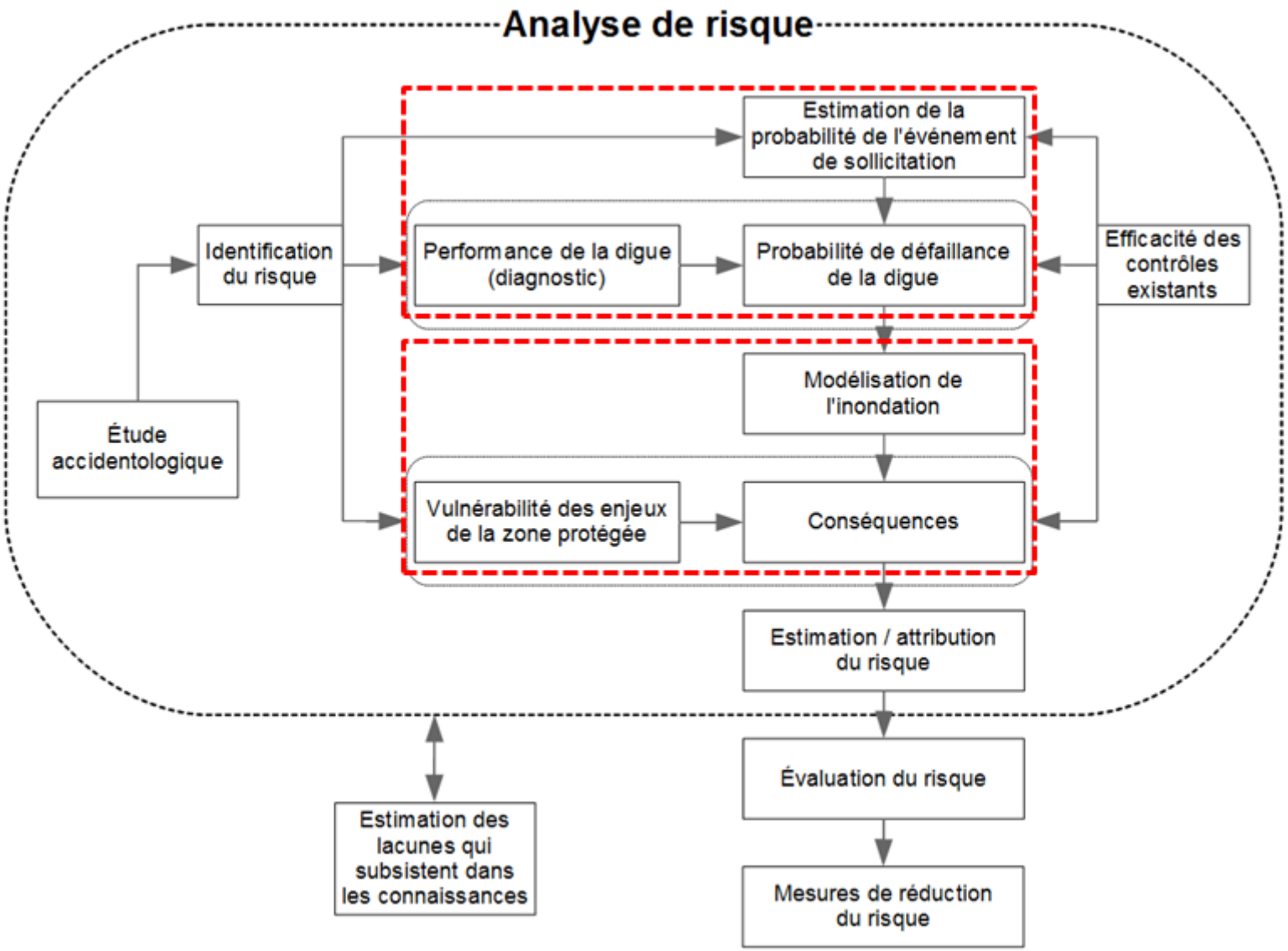


3. Analyse fonctionnelle et analyse des modes de défaillance

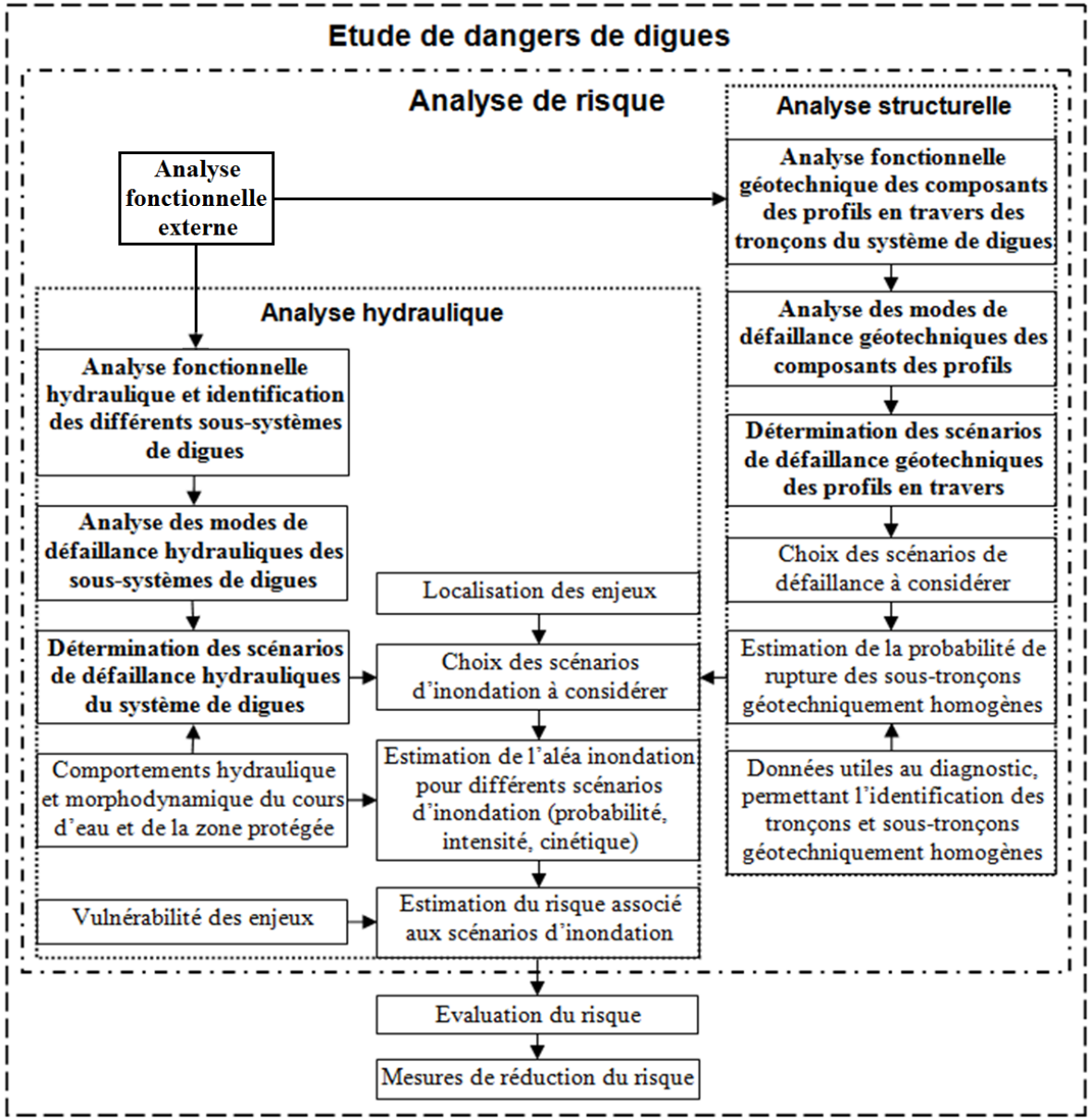
- Reposant sur la définition du périmètre de l'étude, l'analyse fonctionnelle est au cœur de l'analyse de risques
- L'analyse de la défaillance du système d'endiguement repose sur les conclusions de son analyse fonctionnelle
- Nous avons défini trois granularités :
  - 1 : analyse fonctionnelle externe
  - 2 : analyse fonctionnelle des composants du systèmes (fonctions hydrauliques)
  - 3 : analyse fonctionnelle des composants des tronçons de digues (fonctions structurelles et géotechniques)

Analyse fonctionnelle analyse des modes de défaillance appliquée aux analyses de risques

La démarche de l'analyse de risques d'un système d'endiguement



Synthèse de la méthodologie Irstea d'analyse de risques des systèmes d'endiguement et application aux EdD



Conclusion et utilité de la démarche

Granularité 1

- L'analyse fonctionnelle externe permet :
  - de réviser et valider le périmètre de l'étude et ses éléments :
    - système d'endiguement,
    - zone protégée,
    - milieux eau.
  - d'identifier les <u>fonctions principales</u> du système d'endiguement et les <u>fonctions de contraintes</u> qui s'imposent à lui

    => Celles-ci orientent les analyses de granularités 2 et 3

Granularité 2

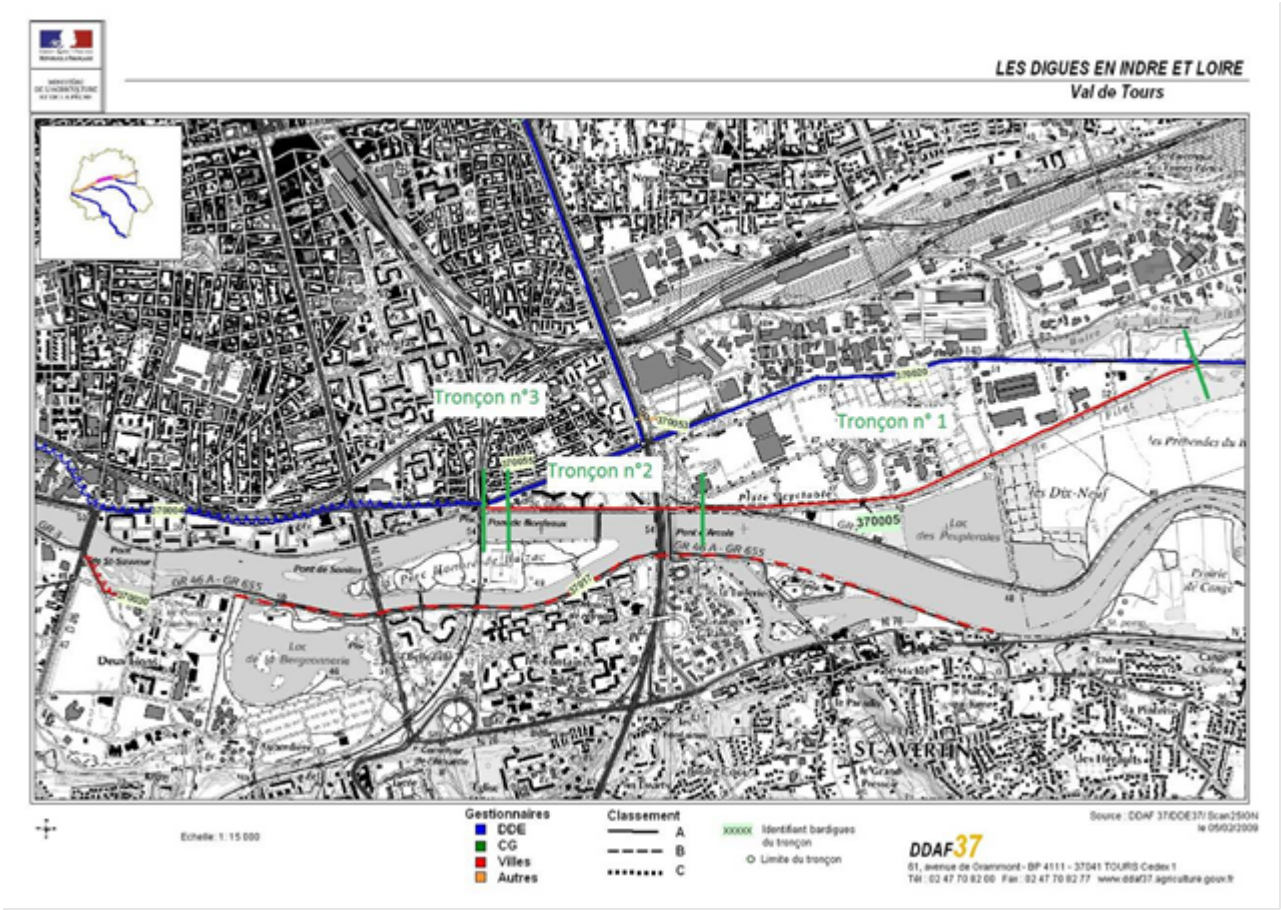
- L'analyse des fonctions hydrauliques d'inscrit dans une démarche qui permet :
  - de comprendre le fonctionnement hydraulique du système endigué,
  - d'estimer et de réviser le niveau de protection du système d'endiguement,
  - de déterminer l'ensemble des scénarios d'inondation envisageables pour le système endigué étudié,

Granularité 3

- L'analyse des fonctions structurelles s'inscrit dans une démarche qui permet :
  - de comprendre le fonctionnement structurel des tronçons homogènes du système d'endiguement,
  - d'identifier les scénarios de défaillance structurelle envisageables pour chaque tronçon homogène,
  - de mener, sur des bases solides, le diagnostic de la probabilité de défaillance du système d'endiguement,
  - d'estimer et actualiser les niveaux de sûreté et de danger de chaque tronçon homogène

⇒ Pour chaque tronçon de digues considéré, les différents scénarios identifiés sont évalués sur la base de l'ensemble des données de terrain disponibles

Plan de situation digues de Tours Levée de Rochepinard – Rive droite du Cher Et Levée de Tours Sud Saint Avertin – Rive gauche du Cher



EDD CHER TOURS SUD SAINT-AVERTIN

- Obligation de produire l'EDD du système d'endiguement du Cher Tours sud – Saint Avertin avant le 31/12/2014
- Premier DCE sur modèle DDT-digues domaniales prêt fin 2013
- Assistance EPL
- Février 2014 : Proposition de la DREAL de collaborer avec IRSTEA par le biais d'une convention de partenariat pour l'assistance méthodologique et technique à la réalisation de l'EDD signée le 30/07/2014
- Consultation :
    - Publicité lancée le 16/02/2015
    - MAPA
    - Accord cadre mono-attributaire, premier marché subséquent = EDD, suivants = investigations complémentaires
    - Choix fin mars 2015

Jugement des offres

Critères retenus pour le jugement des offres dans le RC et pondération :

1-prix 40%

2-valeur technique 60%

Critère «valeur technique» évalué à partir du contenu du mémoire technique et suivant les sous-critères suivants :

* Moyens humains et matériels affectés à la réalisation de la mission
* La ou les méthodes d'ajustements et d'extrapolation pour l'évaluation des débits de crues rares
* Le logiciel choisi pour réaliser le modèle hydraulique local
* Le logiciel choisi pour l'accomplissement de l'étude de propagation des inondations dans le val
* Le programme d'acquisition des données manquantes
* Un exemple de présentation du rapport final de l'étude de dangers

Sous-critères ajoutés et fondus dans ceux prévus :

Etude de la morphodynamique	Pré-analyse du système et objectifs de l'EDD	Méthode étude d'enjeux	Méthode d'analyse de risque	Méthode de diagnostic

offre	Montant de l'offre TTC
1	53 730,00
2	77 904,00
3	62 400,00
4	42 000,00
5	21 240,00
6	25 920,00
7	47 760,00

DEROULEMENT

•Etapes jalonnées par des réunions réunissant le groupe de pilotage et le prestataire
•Délais de l'acquisition des données : importance de l'appropriation des données dans le DO
•Réunion de lancement de l'EDD : 9/02/2016
•Réunion 2 de bilan sur l'exploitation des données transmises et de valider certaines hypothèses : 29/09/2016

A suivre :
•Investigations complémentaires
•Réunion 3 : point sur l'achèvement des premières études élémentaires
•Réunion 4 : point sur l'ensemble des études élémentaires réalisées et notamment sur les études de réduction du risque
•Réunion 5 : présentation des études finalisées
•Réunion 6 : validation des études