

ÉTUDE DE DANGERS DU SYSTEME DE PROTECTION DU VAL DE OUZOUE- SUR-LOIRE CONTRE LES INONDATIONS DE LA LOIRE

Rapport d'étude

0. RESUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

0.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE DE DANGERS

L'étude de dangers du système d'endiguement du val d'Ouzouer a été réalisée par BRLingénierie. Les études de dangers sont des études réglementaires qui s'imposent à tous les propriétaires de digues fluviales ou maritimes protégeant plus de 10 personnes (article R.214-115 du code de l'environnement). Ces études doivent être réalisées d'ici à fin 2014.

Une étude de dangers a pour objectifs :

- ▶ De préciser le rôle et le fonctionnement du système de digues
- ▶ D'analyser les phénomènes physiques susceptibles de provoquer ou de favoriser une rupture de ces digues
- ▶ De quantifier en termes de probabilité les risques de défaillance des digues correspondants
- ▶ D'analyser les conséquences d'une éventuelle rupture des digues en termes de risques pour les biens et les personnes
- ▶ De proposer des mesures de réduction des risques : mesures structurelles (travaux de renforcement) mais aussi mesures de gestion et mesures fonctionnelles

Le système d'endiguement du val d'Ouzouer s'étend sur environ 22 km de la rive droite de la Loire, sur les communes Ouzouer-sur-Loire, Saint-Père-sur-Loire et Saint-Benoît-sur-Loire.

La zone protégée par le système d'endiguement du val d'Ouzouer, appelée communément val d'Ouzouer, abrite environ 5150 personnes.

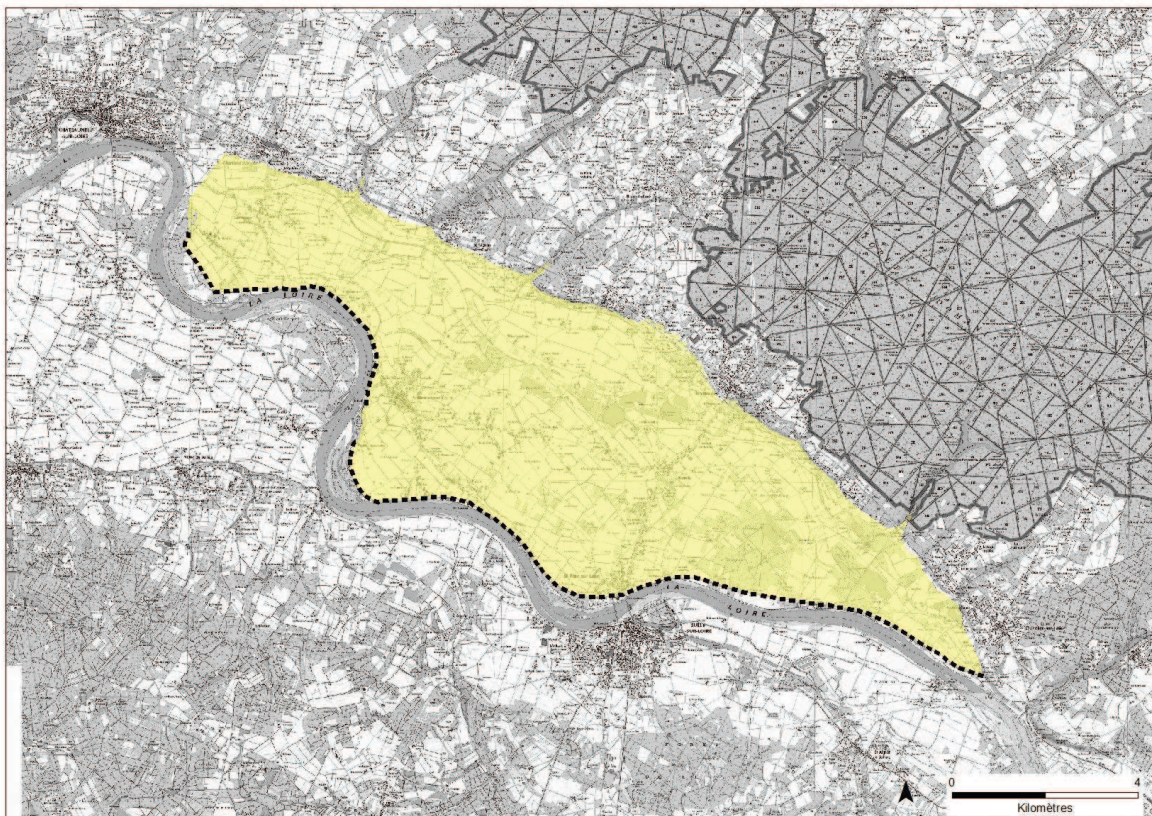


Figure 1 : zone protégée par le système d'endiguement du val d'Ouzouer

De par sa population protégée et de sa hauteur, le système d'endiguement du val d'Ouzouer a fait l'objet, par arrêté préfectoral, d'un classement en digue de classe B¹.

0.2 COMPOSITION DU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU VAL D'OUZOUER

Le système d'endiguement du val d'Ouzouer est un système d'endiguement ouvert en aval assurant la protection du val éponyme.

Il est constitué de :

- De levées domaniales, propriété de l'Etat au titre du Domaine Public Fluvial et gérée, par délégation du Préfet du Loiret, par la Direction Départementale des Territoires du Loiret (DDT 45)
 - o Déversoir d'Ouzouer, d'un linéaire d'environ 880 m et d'une hauteur moyenne de l'ordre de 2,3 m (+1,2 m de fusible)
 - o Levée d'Ouzouer, d'un linéaire d'environ 15,1 km et d'une hauteur moyenne de l'ordre de 3,8 m
 - o La levée de Saint-Benoît, d'un linéaire d'environ 6,8 km et d'une hauteur moyenne de l'ordre de 3,2 m
- D'un faible linéaire de levée privée situé à l'extrémité aval du système d'endiguement

¹ Une digue est considérée de classe B si sa hauteur par rapport au terrain naturel dépasse 1 m et si la population qu'elle protège est comprise entre 1000 et 50000 habitants.

- Du terre de la vallée des sables assurant la continuité de l'endiguement entre la levée d'Ouzouer et la levée de Saint-Benoît

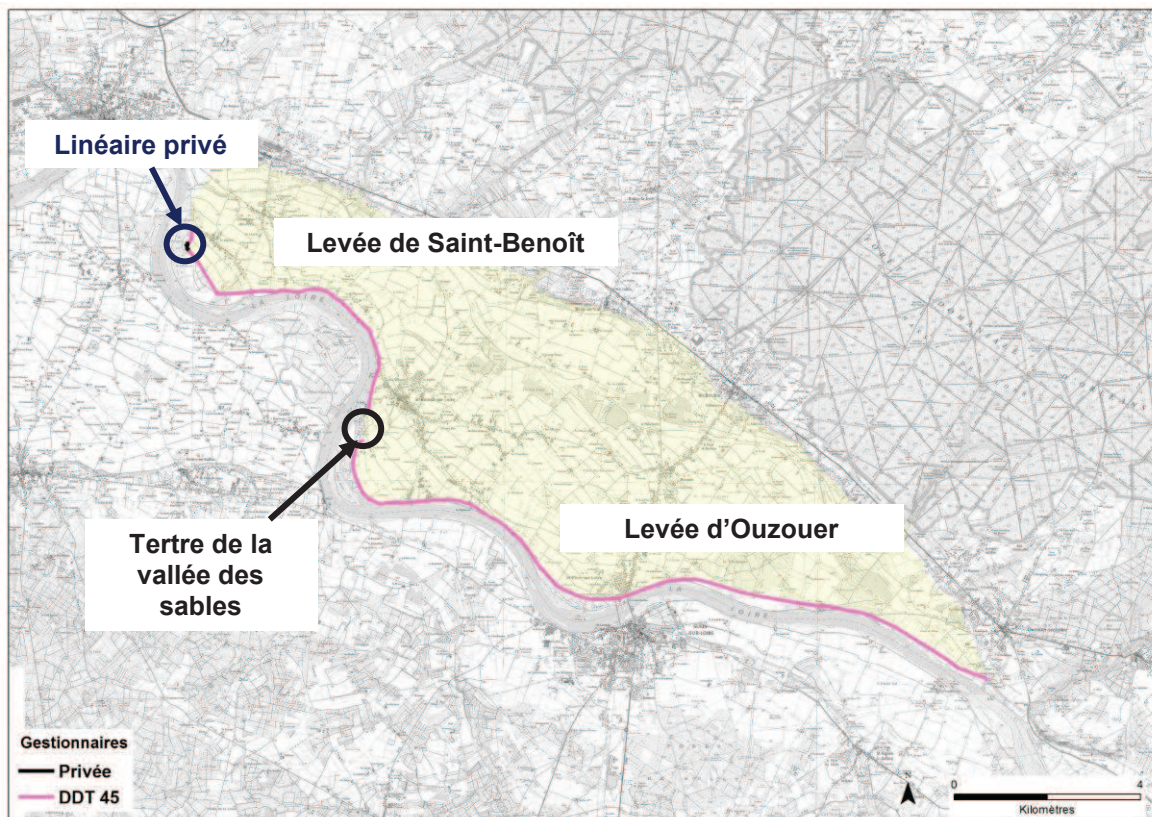


Figure 2 : ligne de défense principale du val d'Ouzouer et gestionnaires des différents tronçons

0.3 DANGERS LIÉS AU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU VAL D'OUZOUER

Les dangers liés au système d'endiguement du val d'Ouzouer résultent principalement de l'irruption accidentelle d'eau à l'intérieur du val lors d'une crue de la Loire suite :

- à l'ouverture partielle ou totale d'une brèche sur un tronçon de la levée
- au fonctionnement du déversoir et au déclenchement de son fusible
- au dysfonctionnement d'un des ouvrages hydrauliques traversant les levées afin d'assurer l'évacuation des fossés et cours d'eau drainant le val

0.4 NIVEAU DE PROTECTION ET NIVEAU DE SÛRETÉ DU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU VAL D'OUZOUER

Le niveau de protection correspond au niveau d'eau en Loire au-delà duquel la zone protégée commence à être inondée sans rupture préalable de la digue suite au débordement au-dessus de la crête de digue. Le niveau de protection correspond donc à l'occurrence de la crue de premières surverses.

Le niveau de sûreté se définit comme le niveau d'eau en Loire au-delà duquel la probabilité de rupture de la digue ne peut plus être considérée comme négligeable.

La notion de « niveau de sûreté » renvoie au risque de rupture alors que celle de « niveau de protection » est associée à la surverse. Un système d'endiguement est qualifié de parfaitement fiable si son niveau de sûreté est supérieur à son niveau de protection, c'est-à-dire que la rupture avant surverse est improbable.

Les digues de la Loire ne pouvant en général être considérées comme parfaitement fiables du fait de leur conception et des désordres les affectant, on parlera de « niveau de protection apparent » plutôt que de « niveau de protection » afin de ne pas entretenir l'illusion d'une protection réelle jusqu'à l'occurrence de crue en question.

0.4.1 Objectif de protection historique

Comme indiqué précédemment, les levées de la Loire ont été érigées de manière progressive et réhaussées suite à chaque crue majeure ayant provoqué leur surverse, dans l'objectif illusoire de les rendre insubmersibles.

Suite à la mise en place du déversoir d'Ouzouer, le niveau de protection apparent a été abaissé au niveau de crue de 1825, soit à l'époque une occurrence cinquantennale environ.

0.4.2 Niveau de protection apparent

Les niveaux d'eau dans le lit endigué de la Loire ont été calculés par l'intermédiaire d'un modèle hydraulique pour 14 occurrences de crues allant de 2 ans à 10 000 ans, soit pour un débit de la Loire au bec d'Allier s'échelonnant de 1900 m³/s à 14 200 m³/s. Il a été supposé dans les calculs qu'aucune brèche ne se produisait en amont et en aval du val d'Ouzouer.

Les niveaux d'eau calculés ont été comparés à l'altimétrie de la crête de l'ouvrage afin de déterminer l'occurrence et la localisation des premières surverses.

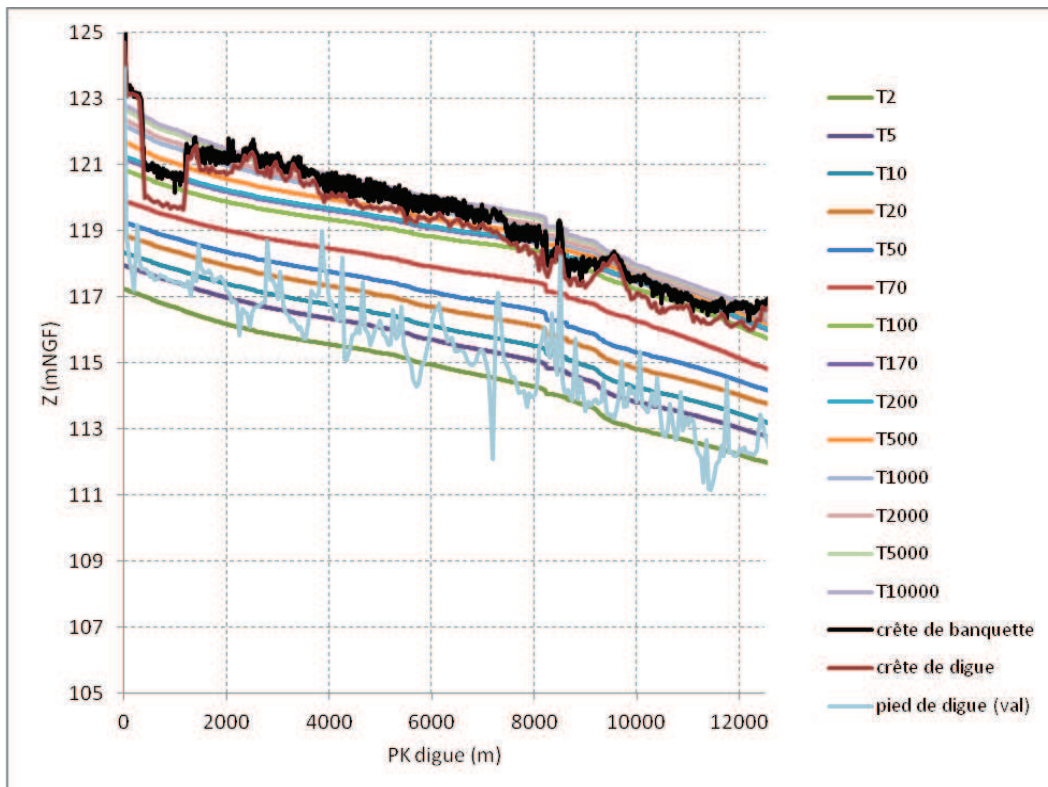


Figure 3 : lignes d'eau, profils en long de la crête de banquette, crête de digue et pied de digue (PK 0 à PK 12500)

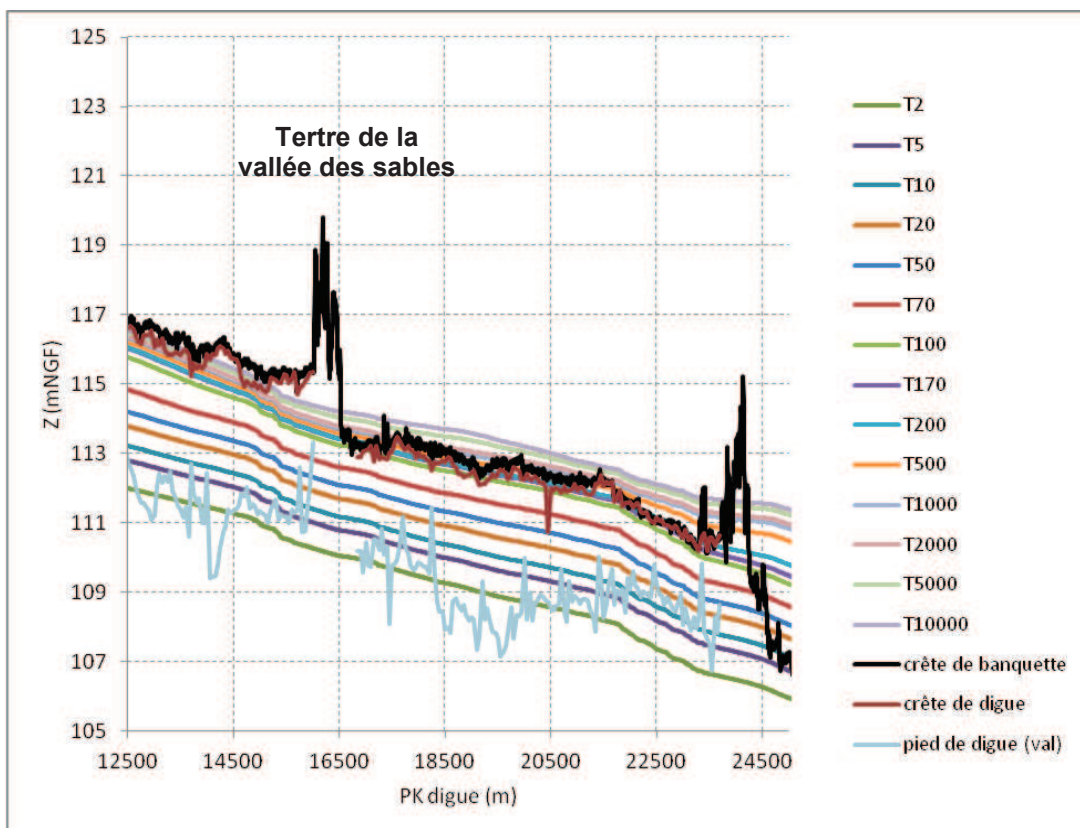


Figure 4 : lignes d'eau, profils en long de la crête de banquette, crête de digue et pied de digue (PK 12500 à PK 25000)

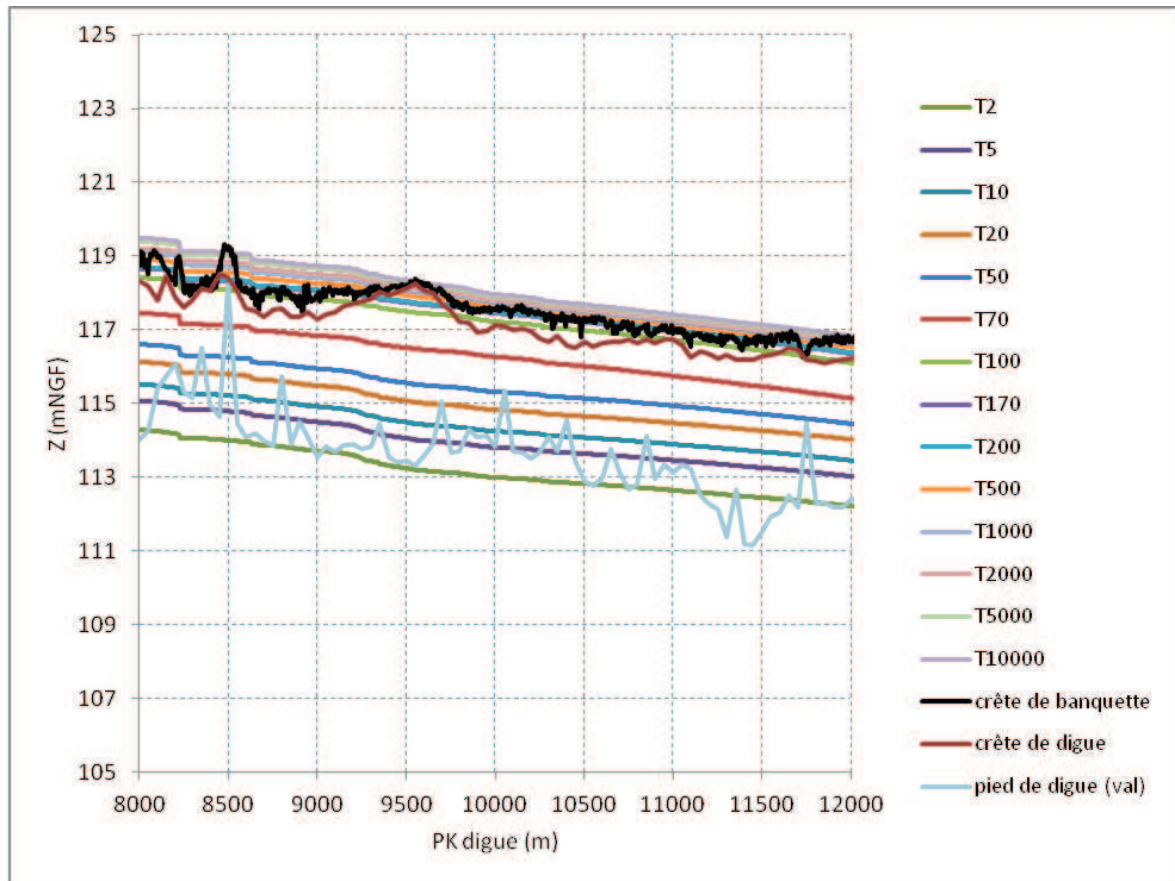


Figure 5 : lignes d'eau, profils en long de la crête de banquette, crête de digue et pied de digue (zoom sur les PK 8000 à PK 12000)

La comparaison des lignes d'eau et du profil en long de la crête de digue mettent en évidence que les premières surverses seraient localisées au niveau de Saint-Père-sur-Loire et se produiraient pour une crue de période de retour 80 ans, correspondant à un débit de d'environ 5200 m³/s au bec d'Allier.

Le niveau atteint par la crue de période de retour 80 ans définit donc le niveau de protection apparent du système d'endiguement du val d'Ouzouer. A une telle crue correspond une hauteur d'environ 5,9 m à l'échelle de crue de Gien, située une quinzaine de kilomètres en amont.

0.4.3 Défaillance du système d'endiguement

L'analyse de la défaillance des digues en remblai constitutives du système d'endiguement considère 5 modes de rupture potentielle de l'ouvrage :

- Rupture liée à la surverse
- Rupture suite à érosion interne
- Rupture suite à glissement de talus
- Rupture suite à érosion externe
- Rupture suite à soulèvement hydraulique en pied de digue

L'estimation des probabilités de rupture s'appuie sur une discrétisation de la digue en tronçons élémentaires de 50 m de long caractérisés par leur géométrie (crête de digue, pente des talus, largeur en pied, etc.), les sollicitations hydrauliques (niveaux d'eau en Loire) qui s'y appliquent, les différentes anomalies (végétation, terriers, bâtiments encastrés, canalisations traversantes, etc.) qui s'y rattachent, les caractéristiques géotechniques des matériaux qui le composent et les modalités de gestion en période de crue qui y sont pratiquées.

Les calculs sont effectués pour chacun des 5 modes de rupture précités, pour chaque occurrence de crue et chaque tronçon élémentaire de digue par l'intermédiaire d'un modèle de calcul d'aléa de rupture.

Deux principales zones de défaillance potentielle sont mises en évidence au travers de cette analyse :

- Secteur des Prouteaux, situé sur un tronçon non renforcé où sont présents une végétation abondante ainsi qu'un bâtiment encastré
- Secteur de Saint-Benoît, constituant un des points bas du système d'endiguement

Le niveau de sûreté du système d'endiguement correspond à celui atteint par la crue vicennale, soit un débit de 3600 m³/s au niveau du val d'Ouzouer et à une hauteur de 5,1 m à l'échelle de crue de Gien.

Au-delà duquel la probabilité de rupture au droit du tronçon élémentaire de digue le plus fragile (en l'occurrence le secteur amont) ne peut plus être considéré comme négligeable. La probabilité de rupture est estimée à 6% pour la crue cinquantennale et 75% pour la crue de période de retour 70 ans.

0.4.4 Description du fonctionnement probable du système d'endiguement dans son état actuel

Comme indiqué précédemment, le risque de défaillance de l'ouvrage ne peut plus être considéré comme négligeable au-delà de la crue vicennale et devient même très probable à partir de la crue de période de retour 70 ans, soit en deçà du niveau de protection apparent correspondant à celui atteint pour la crue de période de retour 80 ans que le profil en long de la digue faisait ressortir. Le système d'endiguement du val d'Ouzouer ne peut donc être considéré comme fiable.

A partir de la crue de période de retour 80 ans, la digue entrerait quoiqu'il en soit en surverse ce qui entraînerait de manière quasi-certaine sa rupture et l'inondation d'une partie de ses habitants. Le déversoir n'entrerait théoriquement en fonctionnement qu'au-delà de la crue de période de retour 170 ans, soit bien après qu'un linéaire conséquent digue a déjà rompu par surverse.

En conclusion, en l'état actuel, le système d'endiguement présenterait probablement un fonctionnement anormal et préoccupant pour des crues supérieures ou égales à la crue cinquantennale.

0.5 CARACTÉRISATION DE LA GRAVITÉ DU RISQUE ASSOCIÉ À LA DÉFAILLANCE DU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT

0.5.1 A l'échelle du val

L'étude de dangers évalue les conséquences du risque d'inondation dans le val au travers de différents scénarios d'inondation dont les conséquences sont déterminées à partir de simulations réalisées en utilisant des modèles hydrauliques.

Pour chaque scénario de brèches, la gravité de l'inondation du val qui en résulterait est appréciée par l'intermédiaire du nombre de personnes inondées. La criticité du scénario est quant à elle évaluée en croisant sa probabilité de survenance avec la gravité de ses conséquences.

La sélection des scénarios de défaillance répond à des objectifs de représentativité et de diversité des situations pouvant être rencontrées et s'appuie notamment sur :

- Les résultats issus de l'identification des secteurs de défaillance les plus probables
- La localisation des enjeux
- Le fonctionnement hydraulique interne de la zone protégée

Sur cette base, quatre scénarios de brèches ont été simulés et analysés.

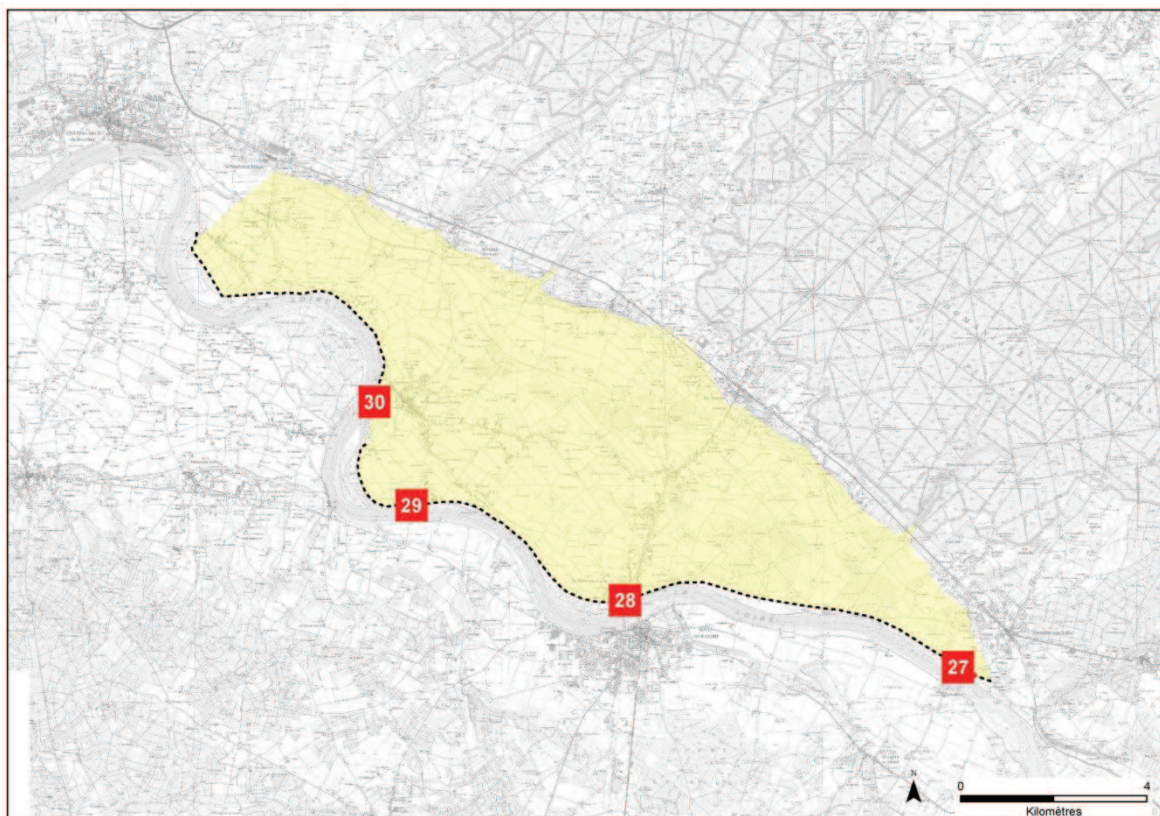


Figure 6 : Carte de localisation des scénarios de brèches retenus

Le scénario le plus pénalisant en termes de gravité (enjeux impactés) est le scénario 28 « brèche à Saint-Père ». Dans ce scénario, plus de 3000 personnes seraient inondées, avec des hauteurs d'eau parfois importantes.

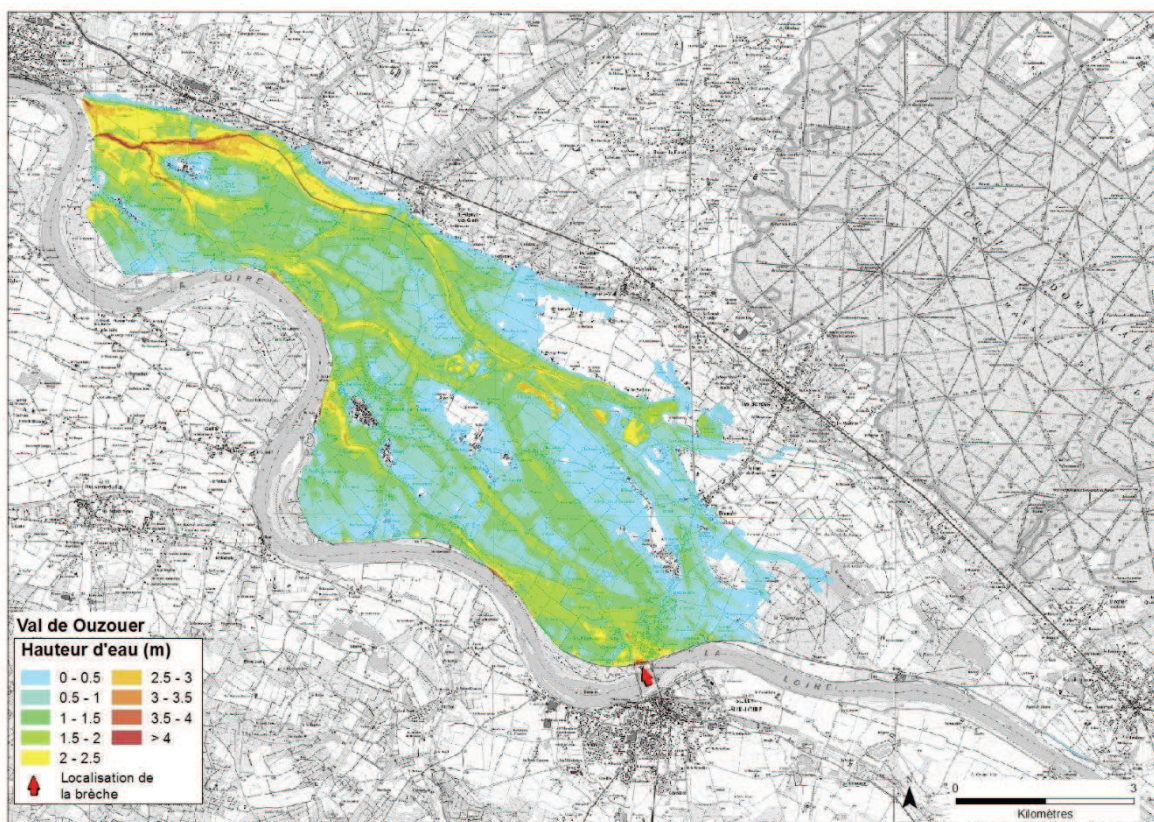


Figure 7 : Carte des hauteurs d'eau maximales - Scénario 28

Compte tenu de la fréquence probable de défaillance du système d'endiguement et des conséquences humaines que cela engendrerait, le risque de rupture peut être qualifié de « préoccupant ».

0.5.2 A l'arrière immédiat des digues

Au-delà des différents scénarios envisagés et simulés, l'analyse des brèches historiques et des fosses d'érosion associées amènent à prendre en compte une zone de dissipation d'énergie en arrière des digues suite à la rupture potentielle de l'ouvrage.

Au regard des observations faites sur les événements historiques, la longueur de cette zone de dissipation peut être estimée à cent fois la différence entre le niveau en Loire pour le niveau de protection apparent et le niveau du terrain naturel dans le val ou le niveau du remous le cas échéant.

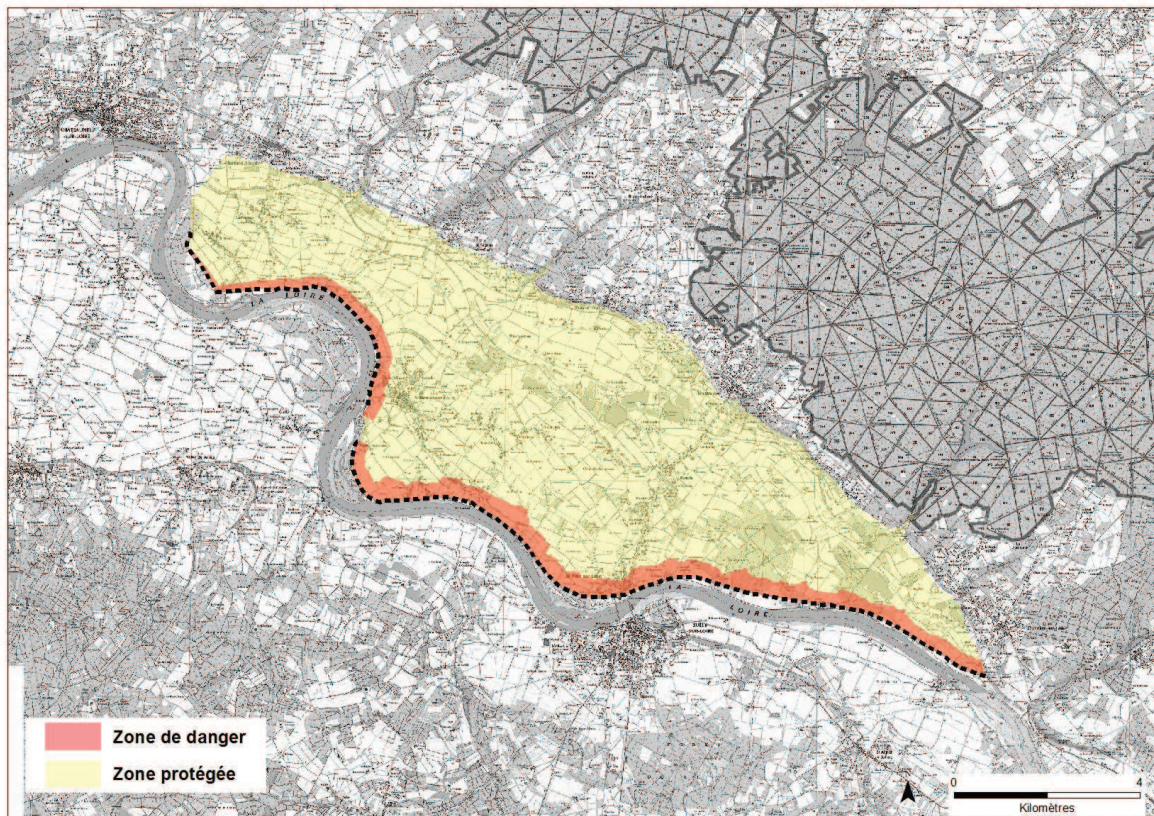


Figure 8 : zone de danger en arrière immédiat des digues

0.6 MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES

L'étude de dangers du système d'endiguement du val d'Ouzouer a mis en évidence la forte probabilité d'une défaillance des ouvrages dont les conséquences seraient sérieuses, justifiant de fait la mise en place de mesures de réduction des risques.

La définition d'un programme de mesures de réduction des risques s'appuie sur les résultats de l'analyse fonctionnelle du système, du diagnostic d'aléa de rupture et de l'analyse des conditions de propagation de l'onde de rupture. Un tel programme combine :

- Mesures de gestion du risque, c'est-à-dire des mesures préventives et/ou opérationnelles relatives à la limitation des conséquences potentielles d'une défaillance du système d'endiguement
- Les mesures structurelles et fonctionnelles, basées sur la résorption des anomalies recensées afin d'augmenter le niveau de sûreté et de fiabiliser le système d'endiguement
- Les mesures relatives à l'amélioration des connaissances, permettant d'affiner le diagnostic réalisé dans le cadre de la présente étude de dangers

0.6.1 Mesures de gestion du risque

Les résultats de l'étude de dangers doivent être intégrés dans les différents dispositifs existants de gestion du risque pour lesquels ils fournissent des éléments de connaissance complémentaires :

- Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) : l'étude de dangers a mis en évidence le danger que continue de constituer une crue moyenne de la Loire pour les enjeux situés dans le val malgré la présence de la digue ; à l'inverse, elle a permis de mettre en évidence l'aléa supplémentaire que génèrerait une défaillance de l'ouvrage de protection
- Plans Communaux de Sauvegarde : les résultats de l'étude de dangers devront être pris en compte dans les PCS existants ou en cours d'élaboration
- Plan de Surveillance des Levées et consignes écrites : en identifiant les secteurs les plus fragiles, l'étude de dangers constitue une base de travail pour permettre au gestionnaire de prioriser ses actions de surveillance et d'entretien et de mettre en place la logistique (moyens matériels et humains requis, prépositionnement, etc.) afférente à la mise en œuvre d'interventions pour les réparations d'urgence
- Plan d'évacuation des populations : dans l'attente d'une fiabilisation du système d'endiguement et compte tenu des modalités d'inondation du val en cas de défaillance du système d'endiguement, une évacuation préventive du val doit être envisagée en cas de crue susceptible de conduire à l'ouverture d'une brèche au sein de l'ouvrage de protection

0.6.2 Améliorations structurelles et fonctionnelles de la digue

Le diagnostic de rupture conduit à proposer un programme de travaux de fiabilisation du système d'endiguement en deux étapes :

- Un ensemble d'interventions prioritaires afin de limiter le risque de rupture avant surverse et permettant ainsi de rehausser le niveau de sûreté de manière sensible ; les principales mesures entrant dans ce cadre sont :
 - o Recalage de la cote de déclenchement du fusible (cf. Ecrivains) et vérification du dimensionnement de la dalle de dissipation
 - o Mise en place d'un écran étanche entre les PK13700 et 13850
 - o Suppression de la végétation entre les PK22000 et 22150 (y compris dessouchage)
- Un ensemble d'intervention complémentaires permettant d'éviter la défaillance du système d'endiguement après surverse et permettant d'atteindre un niveau de sûreté supérieur au niveau de protection apparent

Le coût estimé de la fiabilisation du système d'endiguement du val d'Ouzouer est de l'ordre de 8,35 millions d'euros (dont environ 6,4 millions d'euros pour la gestion des surverses).

0.6.3 Amélioration des connaissances

La présente étude de dangers a mis en évidence les limites des connaissances de certains phénomènes au rang desquels peuvent être rangés les mécanismes d'effondrements karstiques, les mécanismes d'érosion interne, la formation et le développement des brèches ainsi que les calculs de probabilité de rupture global d'un système d'endiguement.

L'étude de dangers a également mis en évidence les limites relatives à la connaissance des ouvrages eux-mêmes : détection d'anomalies, recherche d'archives sur les modes de réalisation et de mise en œuvre, identification des canalisations traversantes non recensées, etc.

Des études et investigations complémentaires sont en cours ou doivent être lancées afin d'y apporter des éléments de réponse à ces questions.