

DDT DU LOIRET

ÉTUDE DE DANGERS DU SYSTEME DE PROTECTION DU VAL DE BRIARE CONTRE LES INONDATIONS DE LA LOIRE

Rapport d'étude

Décembre 2014

800484_PG_BRIARE.docx



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 de Briare 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 de Briare s'étend sur environ 5,5 km de la rive droite de la Loire, sur la commune de Briare, le long du vieux canal de Briare, entre la route départementale n°50 et l'écluse du Baraban.

La zone protégée par le système d'endiguement du val de Briare, appelée communément val de Briare, abrite environ 400 personnes.

Le système d'endiguement du val de Briare a fait l'objet, par arrêté préfectoral en date du 24/11/2011, d'un classement en digue de classe B. Néanmoins, la présente étude de dangers a mis en évidence que ses caractéristiques ne justifient réglementairement qu'un classement en digue de classe C¹.

0.2 COMPOSITION DU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU VAL DE BRIARE

Le système de protection du val de Briare est un système de digues ouvert à l'aval.

La majeure partie du linéaire du système d'endiguement est constituée par trois digues en remblai non résistantes à la surverse : la levée du parking, la levée de Briare et la levée du canal. La porte de garde de l'écluse des Combles assure, en amont du val, la continuité du système d'endiguement entre la levée du parking et la levée de Briare au niveau du franchissement du vieux canal de Briare (voir carte ci-après).

¹ Une digue est considérée de classe B si sa hauteur par rapport au terrain naturel côté zone protégée dépasse 1 m et si la population qu'elle protège est comprise entre 1000 et 50000 habitants ; elle est considérée de classe C si sa hauteur par rapport au terrain naturel dépasse 1 m et si la population qu'elle protège est comprise entre 10 et 1000 habitants .

Les levées du parking, de Briare et du canal sont propriété de l'État au titre du Domaine Public Fluvial (DPF) et sont gérées, par délégation du Préfet du Loiret, par la Direction Départementale des Territoires du Loiret (DDT 45). L'écluse des Combles est également propriété de l'État et est gérée par Voies Navigables de France.

Ce système d'endiguement représente un linéaire d'environ 5500 m et sa hauteur moyenne est de l'ordre de 3,2 m.

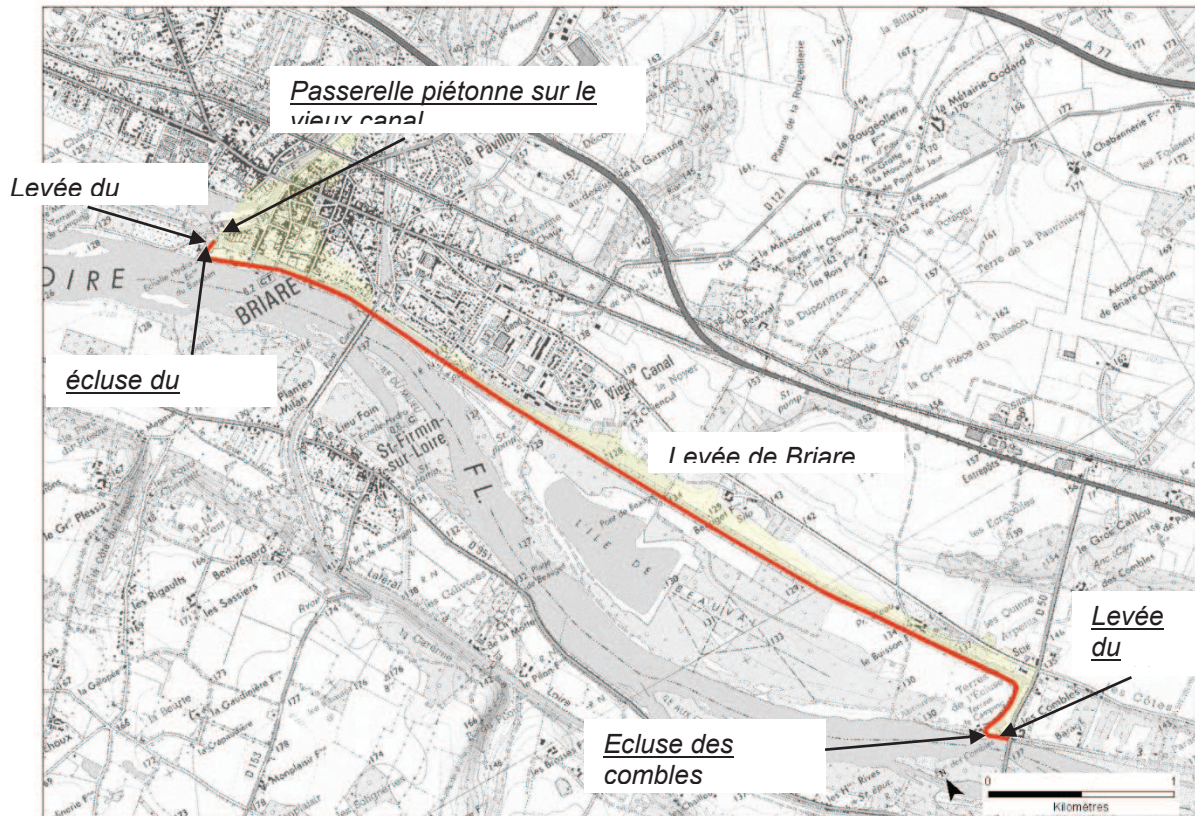


Figure 1 : système d'endiguement du val de Briare

Comme toutes les levées de la Loire, les levées constitutives du système d'endiguement du val de Briare sont des ouvrages anciens qui ont été construits et reconstruits par élévations et élargissements successifs au fil des siècles.

La visite technique approfondie réalisée dans le cadre de la présente étude ainsi que les éléments du dossier d'ouvrage ont permis d'identifier un certain nombre d'anomalies qui fragilisent l'ouvrage en cas de crue :

- Canalisations incluses dans la levée,
- Bâtiments encastrés dans la digue,
- Végétation ligneuse sur et aux abords de la levée,
- Terriers d'animaux fouisseurs,
- Obstacles sur les talus de digue.

En l'espèce, le système d'endiguement du val de Briare est notamment fragilisé par la présence d'une végétation abondante sur une part importante de son linéaire. Une telle végétation constitue un des facteurs aggravant sensiblement le risque de rupture par érosion interne.

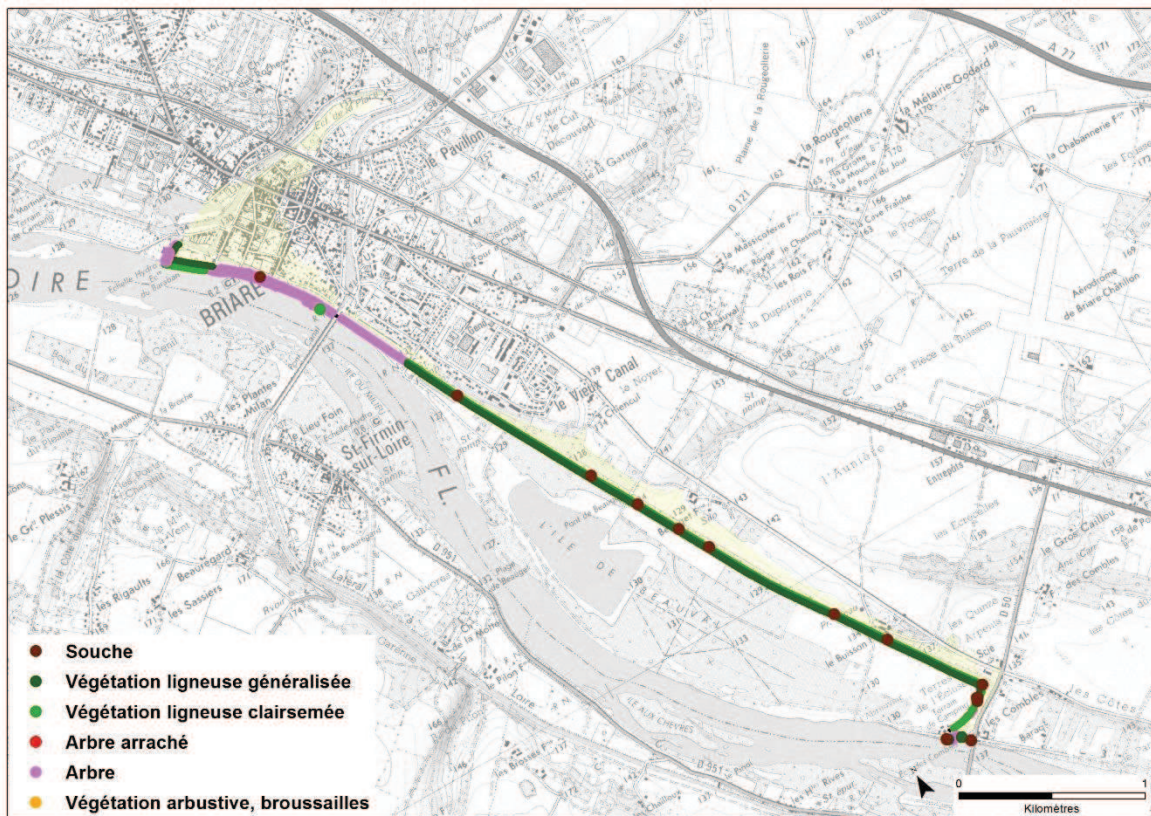


Figure 2 : localisation et typologie de la végétation présente sur la levée de Briare

0.3 DANGERS LIÉS AU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU VAL DE BRIARE

Les dangers liés au système d'endiguement du val de Briare 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 dysfonctionnement des portes de garde de l'écluse des Combles
- au dysfonctionnement d'un des ouvrages hydrauliques assurant l'évacuation des eaux du val

Une autre source de danger, indépendante d'une défaillance du système d'endiguement, est liée à l'inondation de la zone protégée par remous de la Loire dans la partie ouverte du val.

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

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. Le niveau de protection historique a de ce fait sans cesse évolué au fur-et-à-mesure de ces exhaussements.

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 de Briare.

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.

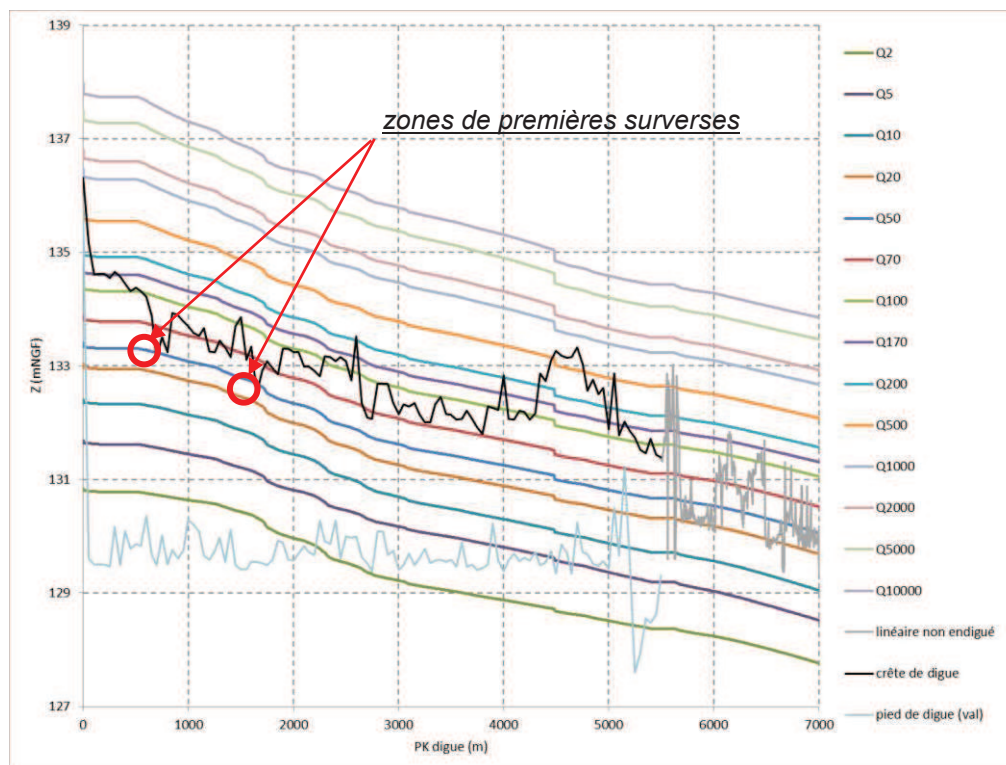


Figure 3 : profils en long des lignes d'eau en Loire et des crête et pied de digue (côté val)

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 en amont du val et se produiraient pour une crue cinquantennale, correspondant à un débit de 4100 m³/s au droit du val de Briare.

Le niveau atteint par la crue cinquantennale définit donc le niveau de protection apparent du système d'endiguement du val de Briare. A une telle crue correspond une hauteur de 5,4 m à l'échelle de crue de Gien, située une dizaine de kilomètres en aval.

Toutefois, à partir de la crue décennale, soit un débit de 3000 m³/s au droit du val de Briare et une hauteur à l'échelle de crue de Gien de 4,6 m, la zone protégée serait en partie inondée par remous au travers de l'écluse du Baraban et du seuil sur la Trézée.

Pour la crue cinquantennale, correspondant au niveau de protection apparent du val de Briare, et en l'absence même de toute défaillance du système d'endiguement, une partie importante de cette zone protégée serait quoiqu'il en soit inondée par remous de la Loire. Pour une telle occurrence de crue, 137 des 407 habitants situés dans la zone protégée seraient susceptibles d'être soumis à un tel phénomène.

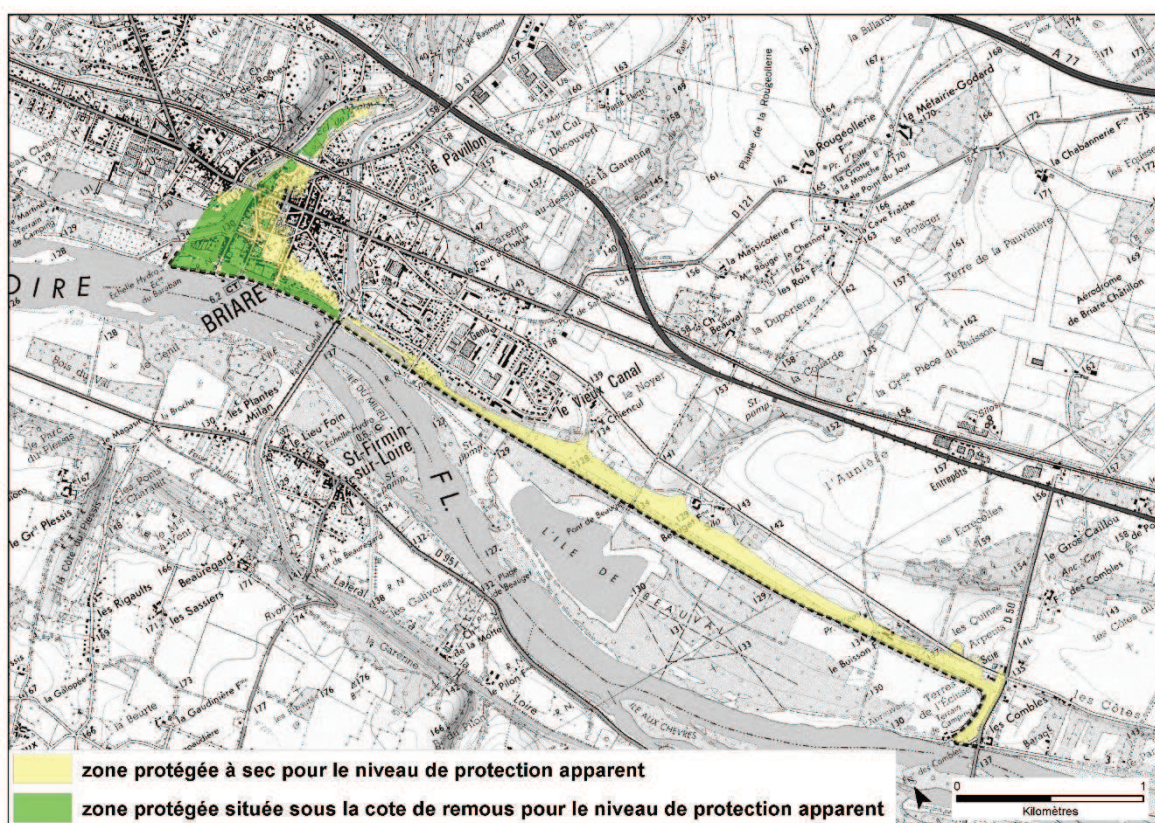


Figure 4 : zone protégée soumise au remous et zone protégée à sec pour le niveau de protection apparent

0.4.4 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.

Le système d'endiguement du val de Briare est globalement en mauvais état, l'analyse précédente faisant ressortir plusieurs zones de défaillance potentielle en amont du val (cf. carte ci-après).

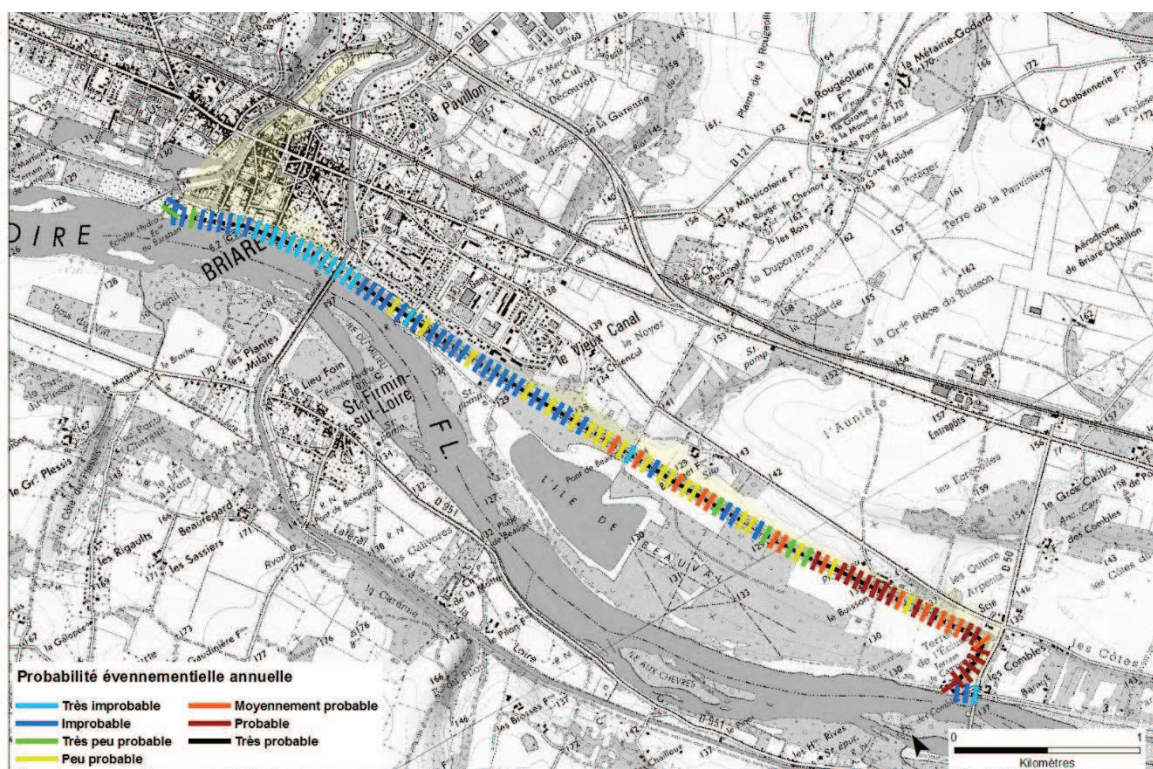


Figure 5 : probabilité annuelle de rupture tous modes confondus des différents profils en travers

Le niveau de sûreté du système d'endiguement correspond au niveau de la Loire associé à la crue quinquennale, correspondant à un débit de 2600 m³/s au niveau du val de Briare et à une hauteur de 4,1 m à l'échelle de crue de Gien.

Au-delà de ce niveau, la probabilité de rupture au droit du tronçon élémentaire de digue le plus fragile, localisé au droit du PK 1200, ne peut plus être considérée comme négligeable. La probabilité de rupture est estimée à 15% pour la crue décennale, 80% pour la crue vicennale et est quasi certaine à partir de la crue cinquantennale.

0.4.5 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 quinquennale et devient même très probable à partir de la crue vicennale, soit bien en deçà du niveau de protection apparent associé à la crue cinquantennale que le profil en long de la digue fait ressortir.

A partir de la crue cinquantennale, la digue entrerait quoiqu'il en soit en surverse ce qui entrainerait de manière quasi-certaine sa rupture et l'inondation rapide du val.

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 décennale.

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.

Le choix 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

Selon ces principes, deux scénarios de brèches (n°12 et 13 localisés sur la carte ci-après) ont été simulés et analysés et comparé au scénario « inondation par remous » (n°13bis).

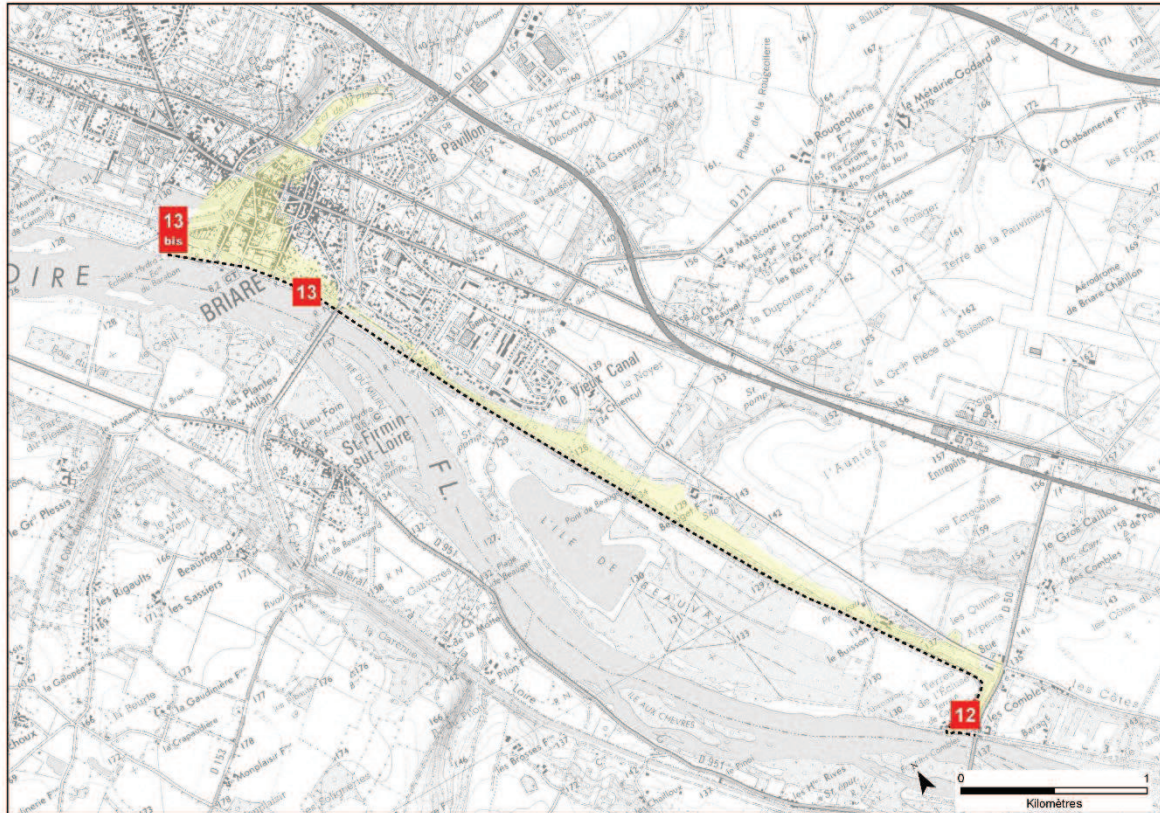


Figure 6 : localisation des 2 scénarios de brèche et du scénario d'inondation par remous

Le scénario aux conséquences les plus graves (nombre de personnes impactées) est le scénario n°12 « rupture en amont du val ». C'est aussi le scénario le plus probable avec une probabilité annuelle de réalisation avant atteinte du niveau de protection apparent de 2% et une probabilité quasi certaine de réalisation pour une crue cinquantennale, alors même que les premières surverses ne se seraient pas encore produites.

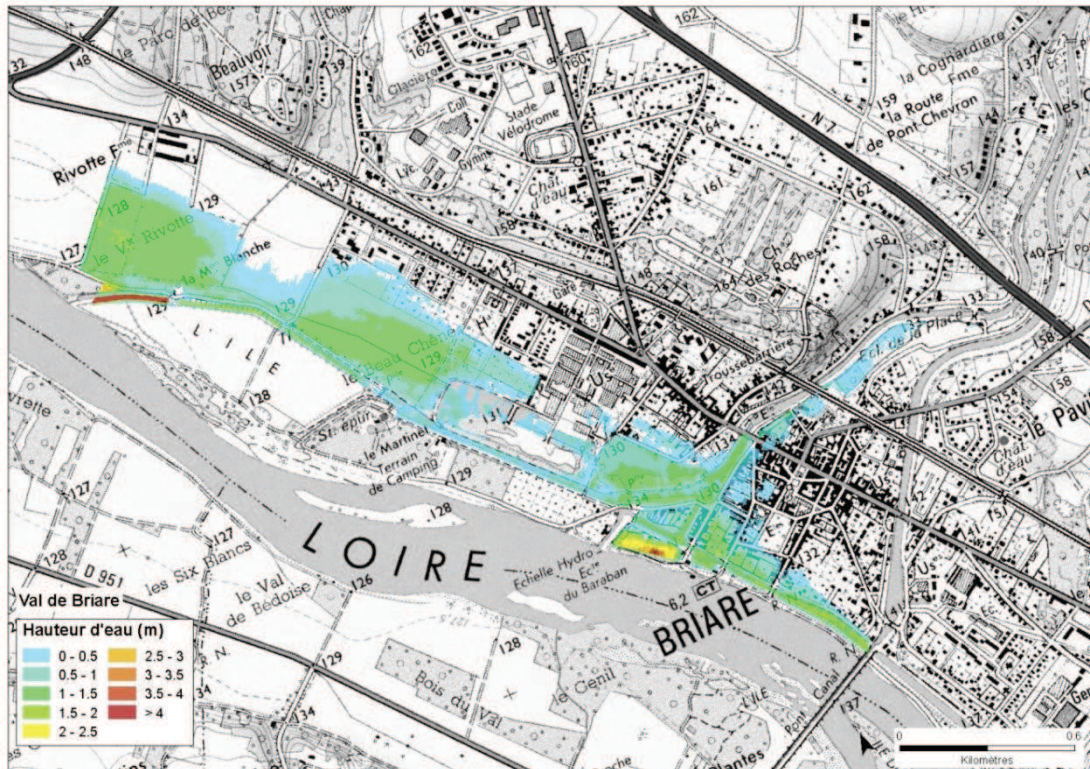


Figure 7 : Carte des hauteurs d'eau maximales - Scénario 12

Dans ce scénario, pour la crue cinquantennale, près de 200 personnes résidant dans le val de Briare seraient inondées. Toutefois, les hauteurs d'eau resteraient limitées et peu différentes de celles dues à la seule inondation par remous depuis l'écluse du Baraban.

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 » en termes de criticité.

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 amène 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 lors des événements historiques, la longueur de cette zone de dissipation peut être estimée à cent fois la différence entre le niveau en Loire associé au niveau de protection apparent et le niveau du terrain naturel dans le val ou le niveau du remous le cas échéant.

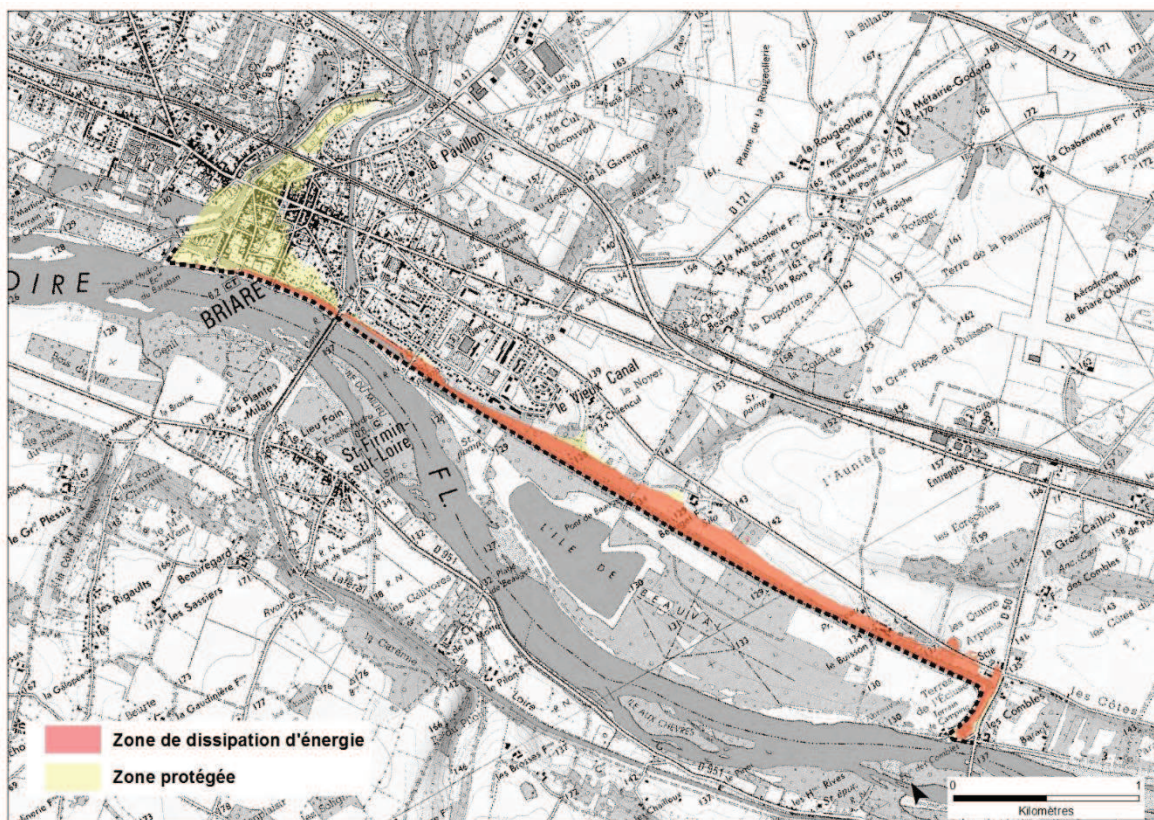


Figure 8 : zone protégée et zone de dissipation d'énergie en arrière immédiat des digues

0.6 MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES

L'étude de dangers du système d'endiguement du val de Briare a mis en évidence la forte probabilité d'une défaillance des ouvrages dont les conséquences seraient importantes, 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 :

- Des 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 ;
- Des 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 ;
- Des 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 constitue encore 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 générerait 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 :

- Des 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 :
 - La suppression de la végétation et la reprise des deux talus afin de supprimer les terriers existants du PK 150 au PK 550 associées à la mise en œuvre d'un massif drainant en pied de talus côté val
 - La suppression de la canalisation recensée au PK 1200
- Des interventions 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 de Briare est de l'ordre d'un million d'euros.

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'apporter des éléments de réponse à ces questions.