

DDT DU LOIRET

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

Rapport d'étude

800494_PG_BAULE.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 Baule 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 Baule s'étend sur environ 3,6 km de la rive droite de la Loire, sur les communes de Baule et Beaugency.

La zone protégée par le système d'endiguement du val de Baule, appelée communément val de la Baule, abrite moins de 10 personnes.

De par sa population protégée et de sa hauteur, le système d'endiguement du val de Baule devrait être classé en tant que digue de classe D¹.

0.2 COMPOSITION DU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU VAL DE BAULE

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

Il est constitué, de l'amont vers l'aval, par trois tronçons de levées :

- Un premier tronçon de levée propriété de l'État au titre du Domaine Public Fluvial et géré, par délégation du Préfet du Loiret, par la Direction Départementale des Territoires du Loiret (DDT 45) ; ce tronçon représente un linéaire d'environ 1850 m et sa hauteur moyenne est de l'ordre de 1,5 m
- Un deuxième tronçon de levée, propriété de la commune de Baule qui en est également gestionnaire ; ce tronçon représente un linéaire d'environ 800 m et sa hauteur moyenne est de l'ordre de 2,1 m
- Un dernier tronçon constitué par la levée privée de Maisonneuve, d'un linéaire d'environ 1350 m et de hauteur moyenne est de l'ordre de 1,1 m

¹ Une digue est considérée de classe D si sa hauteur par rapport au terrain naturel dépasse 1 m et si la population qu'elle protège est inférieure à 10 habitants.

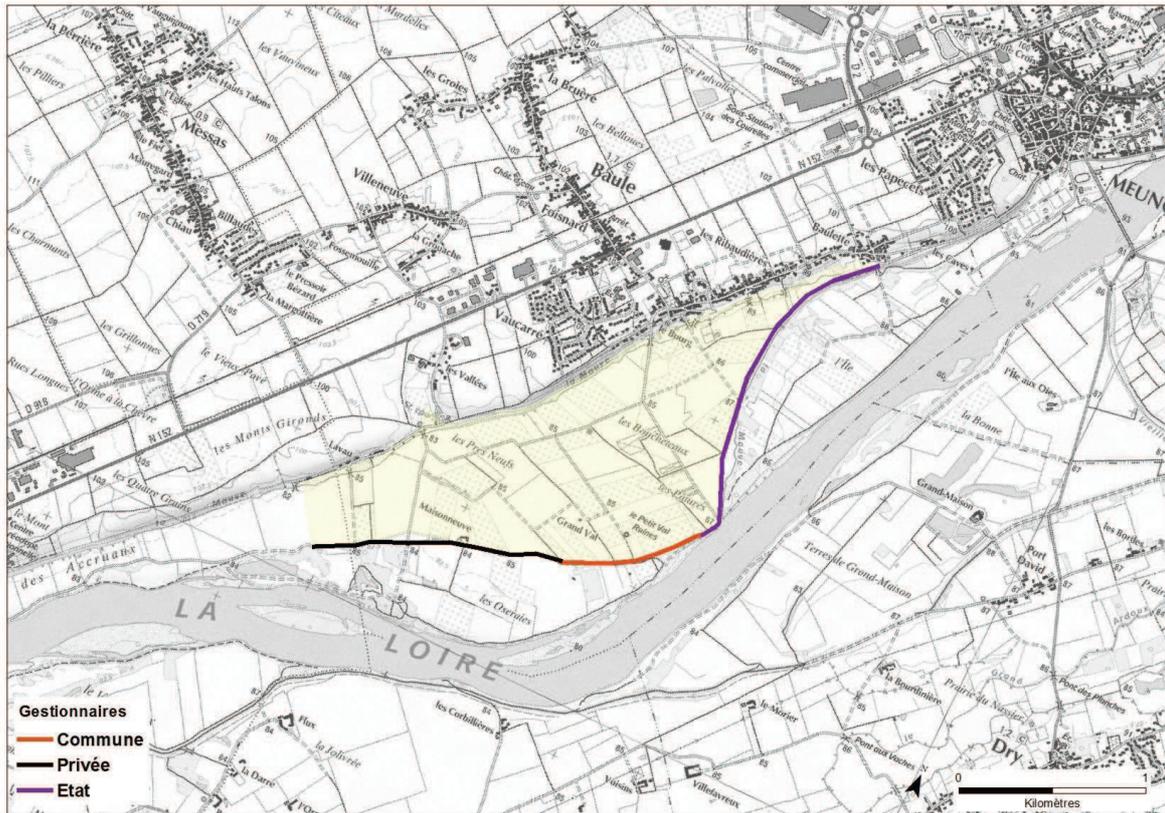


Figure 1 : Tronçons et gestionnaires du système d'endiguement du val de Baule

Comme toutes les levées de la Loire, les levées constitutives du système d'endiguement du val de Baule sont des ouvrages anciens qui ont été construits et reconstruits par élévations et élargissements successifs au fil des siècles et des crues. Sur la totalité du linéaire, l'ouvrage d'endiguement est un ouvrage en terre, non résistant à la surverse.

Les différentes visites techniques approfondies ainsi que les éléments du dossier d'ouvrage ont permis d'identifier un certain nombre d'anomalies susceptibles de fragiliser l'ouvrage en cas de crue :

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

Si la levée domaniale est dans un état correct, les autres tronçons du système d'endiguement présentent un nombre important de désordres dont notamment de nombreux terriers et/ou une végétation ligneuse abondante, constituant en cela un facteur favorable au risque de rupture par érosion interne.

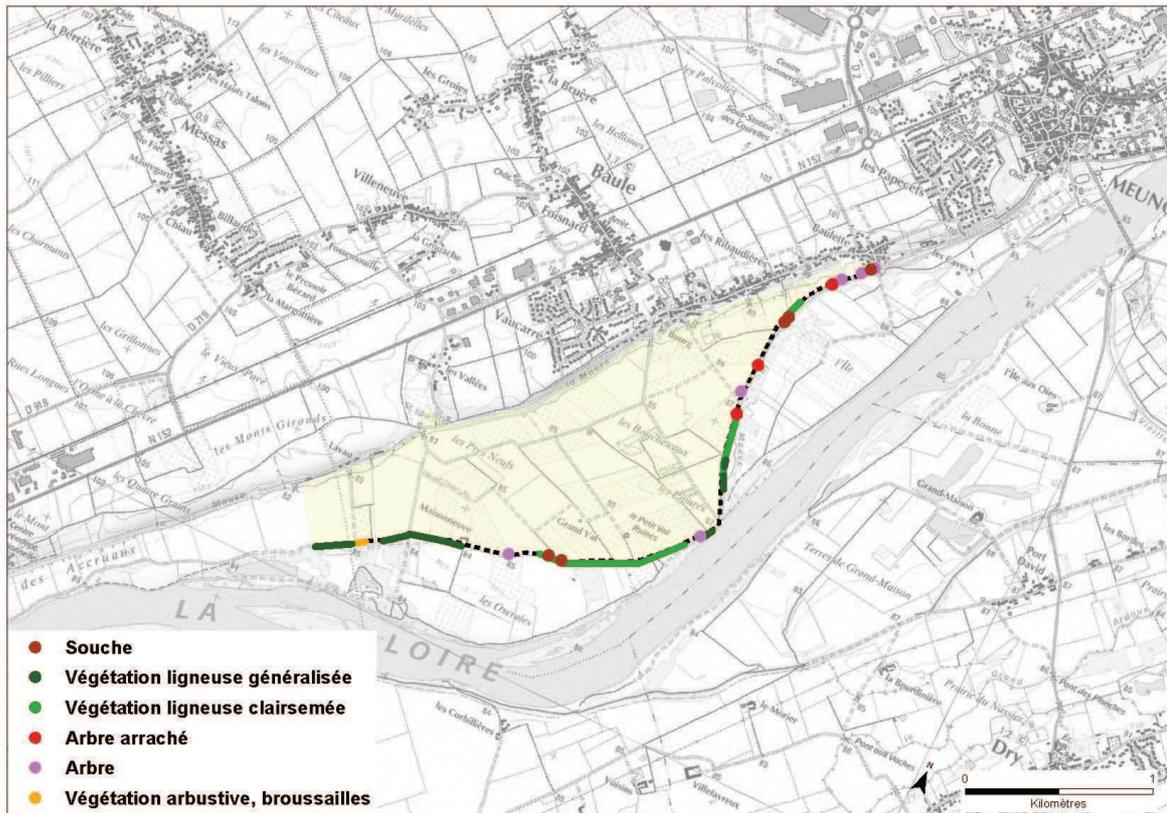


Figure 2 : Localisation et caractérisation de la végétation présente sur le système d'endiguement du val de Baule

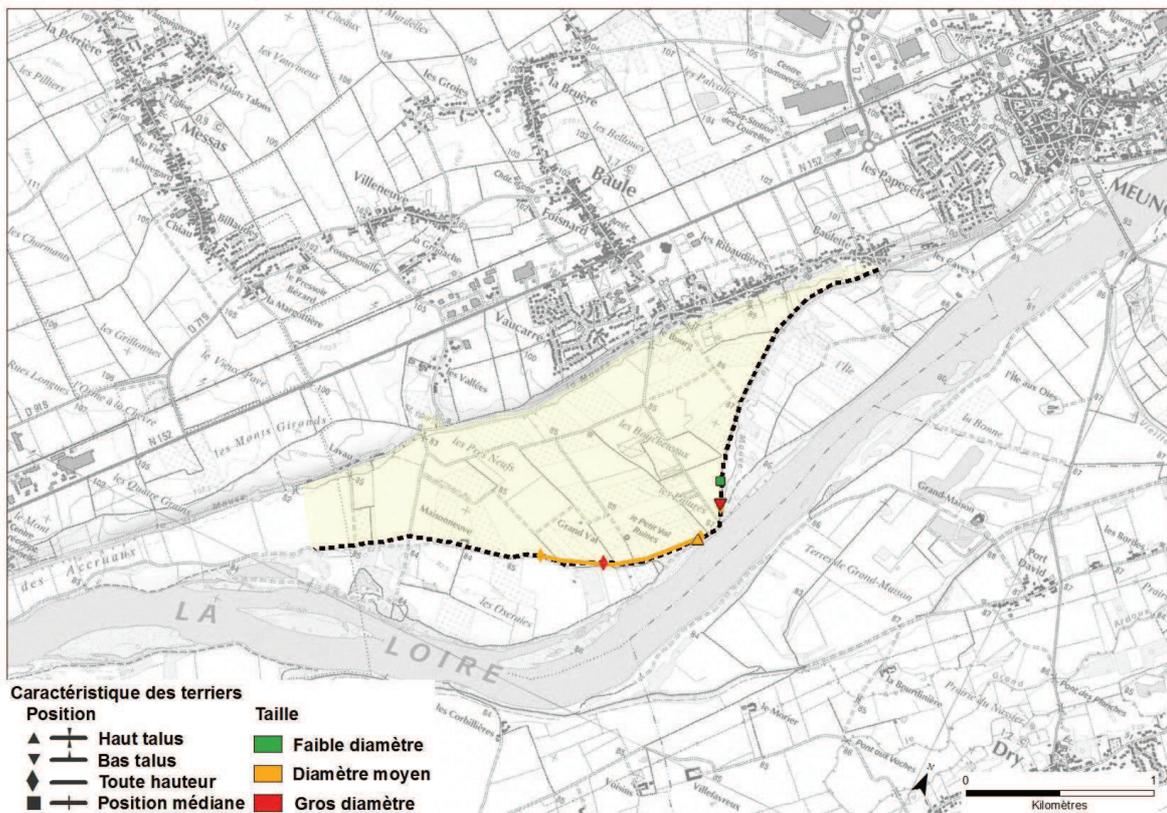


Figure 3 : Localisation, position et diamètre des terriers identifiés au sein du système d'endiguement du val de Baule

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

Les dangers liés au système d'endiguement du val de Baule 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.

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

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 première surverse.

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 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 Baule.

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.

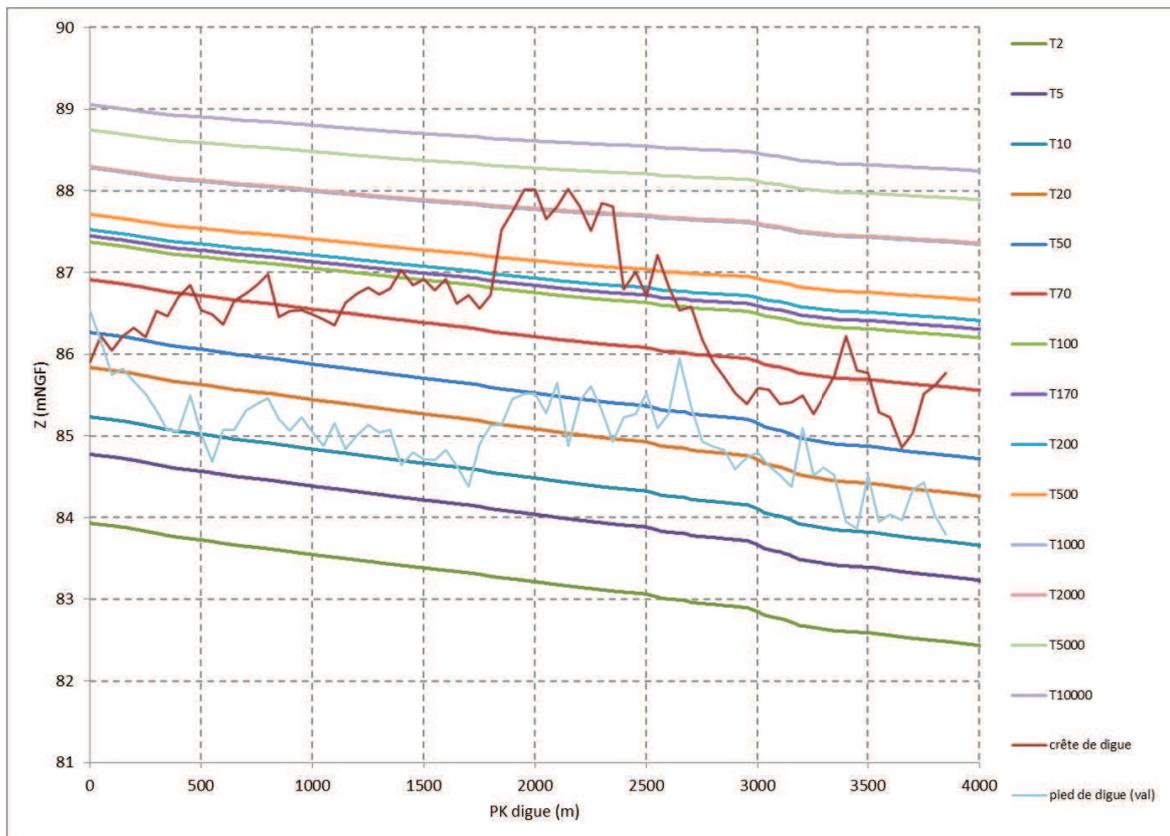


Figure 4 : Lignes d'eau, profils en long crête de digue et pied de digue

Le comparatif des lignes d'eau et du profil en long de la crête de digue mettent en évidence que les premières surverses se produiraient pour une crue cinquantennale, correspondant à un débit au bec d'Allier de 4200 m³/s.

Le niveau atteint par la crue cinquantennale définit donc le niveau de protection apparent du système d'endiguement du val de Baule. Pour une telle crue, la hauteur à l'échelle de crue d'Orléans située une vingtaine de kilomètres en amont est de 4,2 m.

Toutefois, à partir de la crue décennale, soit un débit de 3000 m³/s au droit du val de Baule et une hauteur à l'échelle de crue d'Orléans 3,2 m, la zone protégée commencerait à être inondée par remous depuis le linéaire non endigué en aval de la levée de Maisonneuve.

Pour la crue cinquantennale, correspondant au niveau de protection apparent du val de Baule, 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, la majorité des habitants situés dans la zone protégée seraient susceptibles d'être soumis à un tel phénomène.

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

- L'extrémité amont du val où se situe le point bas du système d'endiguement et donc les premières entrées d'eau par surverse
- La levée communale où sont présents de nombreux terriers ainsi qu'une végétation abondante

Le niveau de sûreté du système d'endiguement correspond à celui atteint par la crue décennale, correspondant à un débit de 3000 m³/s au niveau du val de Baule et à une hauteur de 3,2 m à l'échelle de crue d'Orléans.

Au-delà de ce niveau, la probabilité de rupture au droit du tronçon élémentaire de digue le plus fragile (en l'occurrence vers le PK 1250) ne peut plus être considéré comme négligeable. La probabilité de rupture peut être considérée comme probable pour la crue vicennale.

0.4.3 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 décennale, soit en deçà du niveau de protection apparent correspondant à la crue cinquantennale que le profil en long de la digue faisait ressortir. Le système d'endiguement du val de Baule ne peut donc être considéré comme fiable.

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 du val et de ses habitants.

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 vicennale.

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, deux scénarios de brèches ont été simulés et analysés.

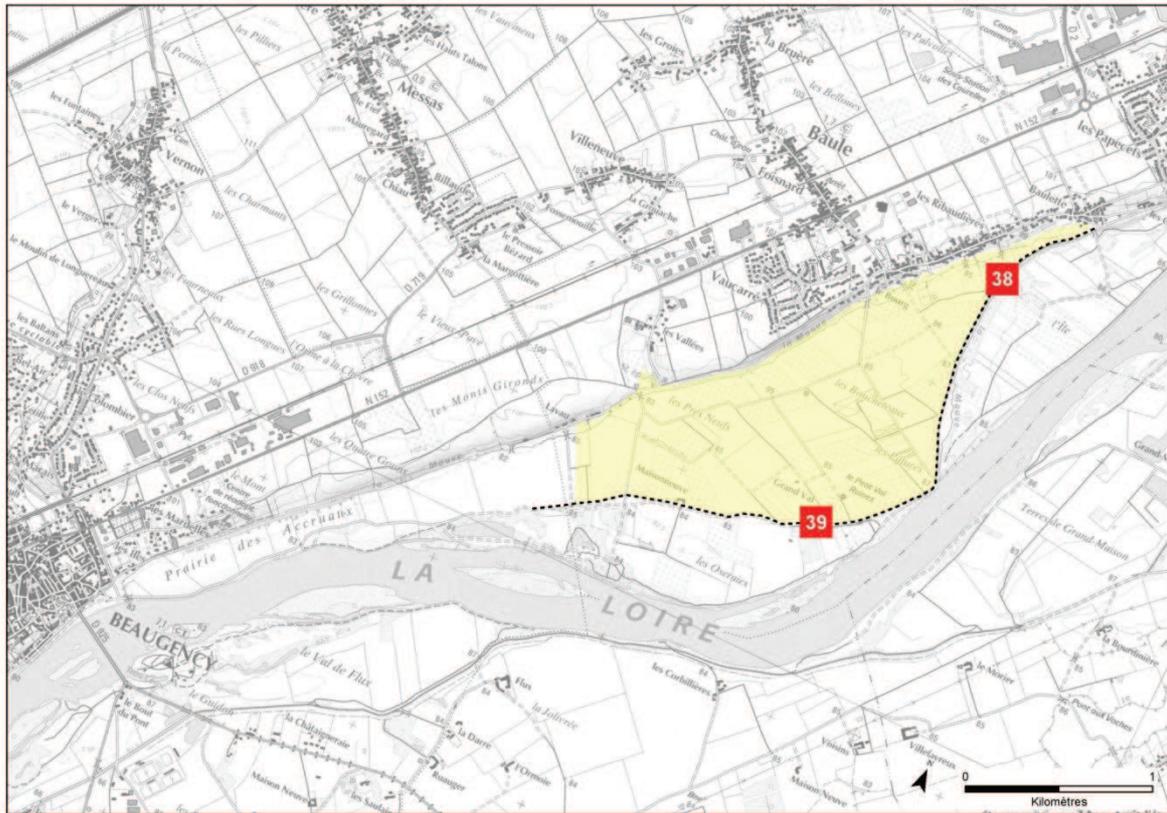


Figure 6 : Carte de localisation des scénarios retenus

Le scénario le plus pénalisant en termes de gravité (enjeux impactés) est le scénario 38 « brèche en amont du val ». C'est aussi le scénario le plus probable.

Dans ce scénario, la totalité des personnes résidant dans le val de Baule seraient inondées.

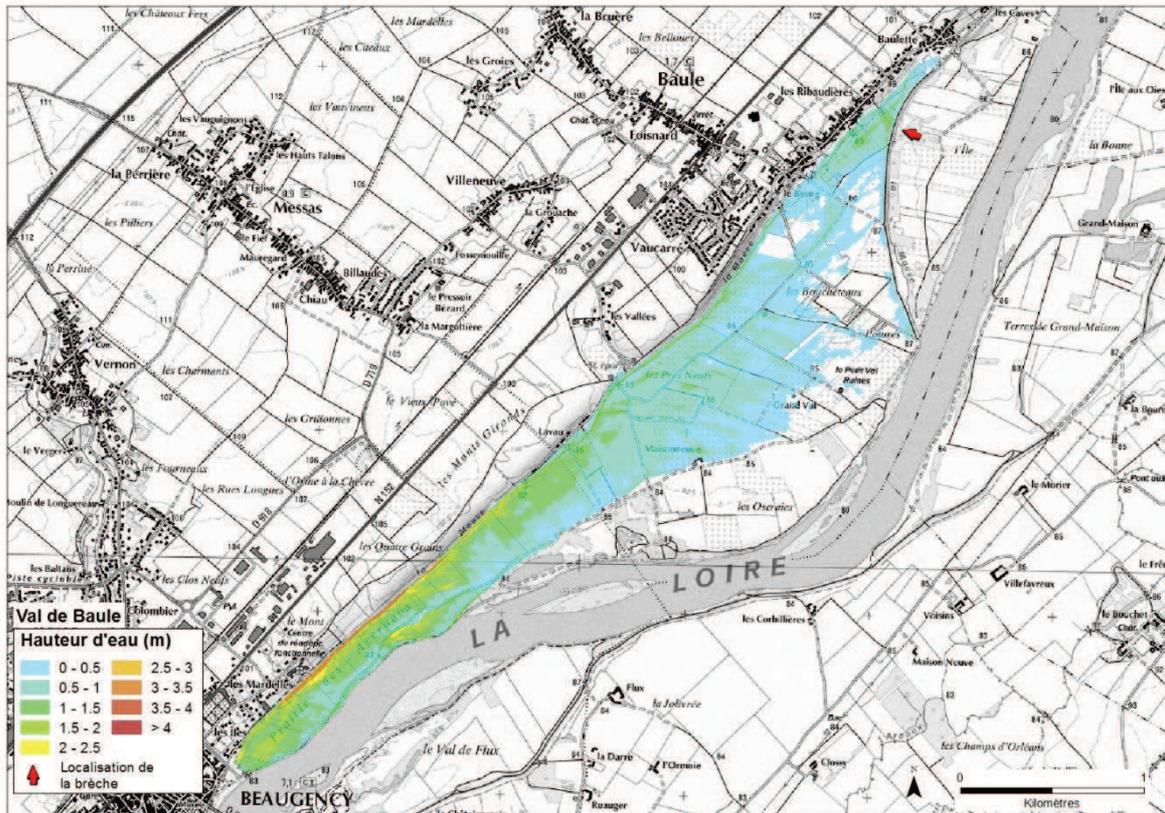


Figure 7 : Carte des hauteurs d'eau maximales - Scénario 38

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 d'« acceptable ».

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.

Compte tenu de l'altitude parfois élevée du terrain naturel et/ou du remous important, l'emprise de la zone de dissipation d'énergie est parfois très limitée.

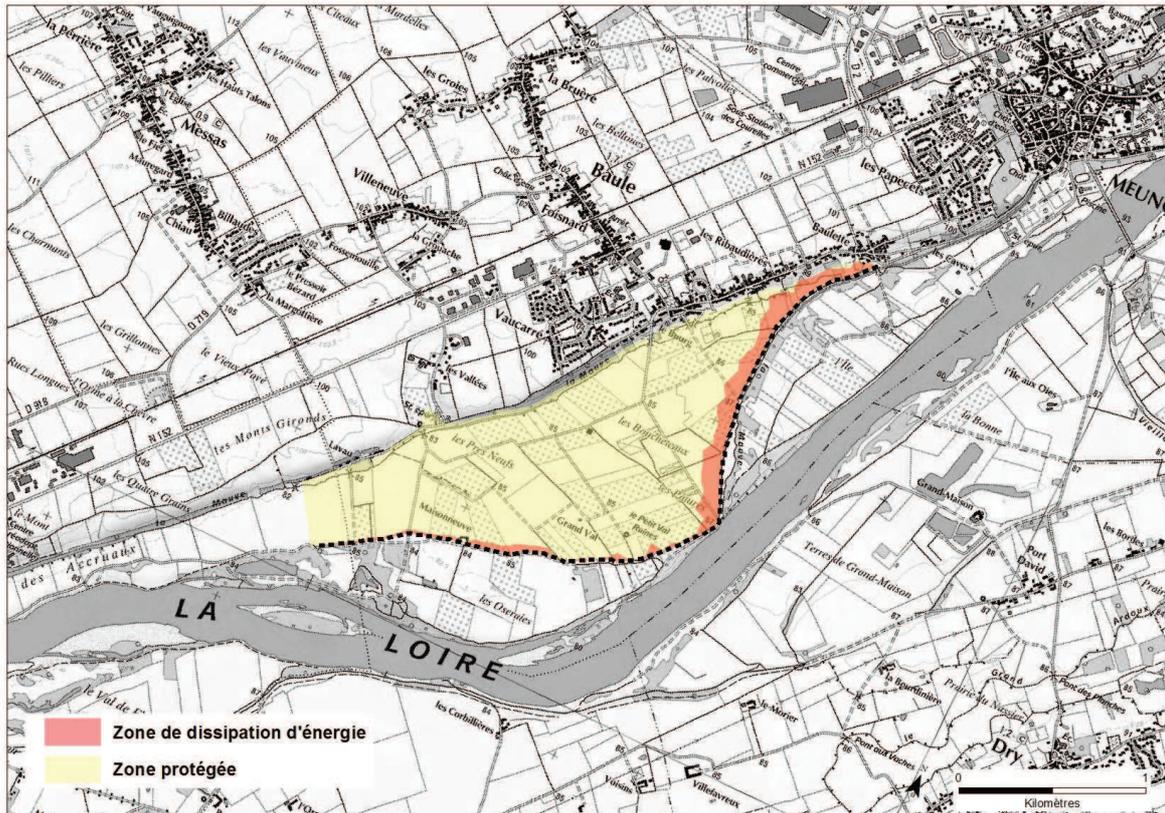


Figure 8 : Zone de dissipation d'énergie en arrière des digues

0.6 MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES

L'étude de dangers du système d'endiguement du val de Baule a mis en évidence la forte probabilité d'une défaillance des ouvrages dont les conséquences seraient toutefois limitées mais qui justifieraient néanmoins de 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 Prévenir les attaques et restaurer les levées affectées par des terriers
 - o Rendre les digues résistantes à la surverse du PK 0 au PK 600
- Un ensemble d'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 Baule est de l'ordre de 150 000 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'y apporter des éléments de réponse à ces questions.