

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

Rapport d'étude



Décembre 2014

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 Châtillon 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 Châtillon s'étend sur environ 2,1 km de la rive gauche de la Loire, sur la commune de Châtillon-sur-Loire, en amont du bassin des Mantelots jusqu'au canal latéral à la Loire.

La zone protégée par le système d'endiguement du val de Châtillon, appelée communément val de Châtillon, abrite environ 260 personnes.

De par sa population protégée et de sa hauteur, le système d'endiguement du val de Châtillon devrait a priori être classé en digue de classe C¹.

0.2 COMPOSITION DU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU VAL DE CHÂTILLON

Le système d'endiguement du val de Châtillon est un système d'endiguement complètement fermé assurant la protection du val éponyme.

Suite à l'analyse du fonctionnement du val, il est apparu que le système d'endiguement du val de Châtillon est en réalité composé de deux sous-systèmes d'endiguement indépendants, correspondant à deux zones protégées distinctes :

- Le sous-système d'endiguement de « Châtillon amont » abritant environ 35 personnes et constitué :

¹ Une digue 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.

- De la levée du bassin et de la levée des Mantelots, propriété de l'état français au titre du Domaine Public Fluvial et gérées, par délégation du Préfet du Loiret, par la Direction Départementale des Territoires du Loiret (DDT 45) ; ce tronçon représente un linéaire d'environ 1200 m et sa hauteur moyenne est de l'ordre de 5,1 m
- De la route départementale 50, propriété du Conseil Général du Loiret qui en est également le gestionnaire ; ce tronçon représente un linéaire d'environ 100 m et sa hauteur maximale est de l'ordre de 10,0 m
- Le sous-système d'endiguement de « Châtillon centre » abritant l'essentiel du bourg de Châtillon-sur-Loire (225 personnes protégées) et constitué par un tronçon du canal latéral à la Loire, propriété de l'Etat et géré par Voies Navigables de France

Ces deux sous-systèmes d'endiguement sont entièrement fermés et ne sont donc pas susceptibles d'être inondés par remous.

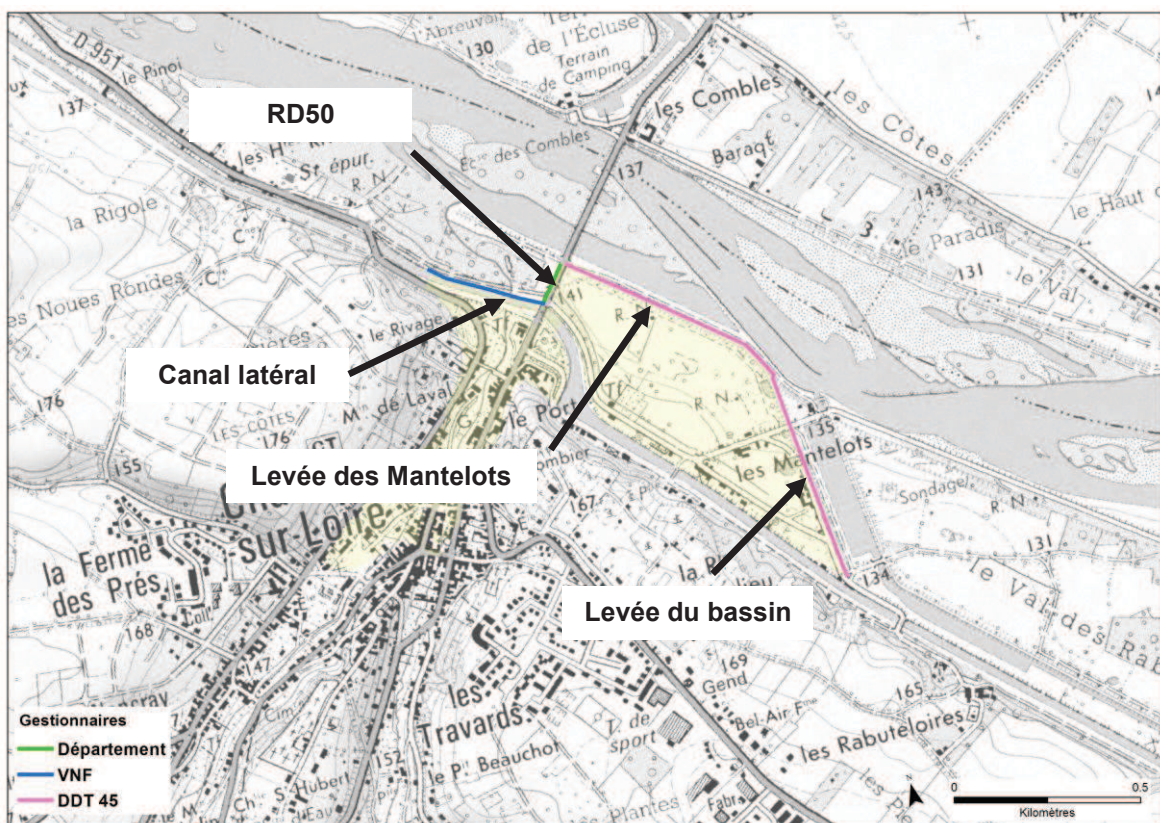


Figure 1 : Système d'endiguement du val de Châtillon et gestionnaires

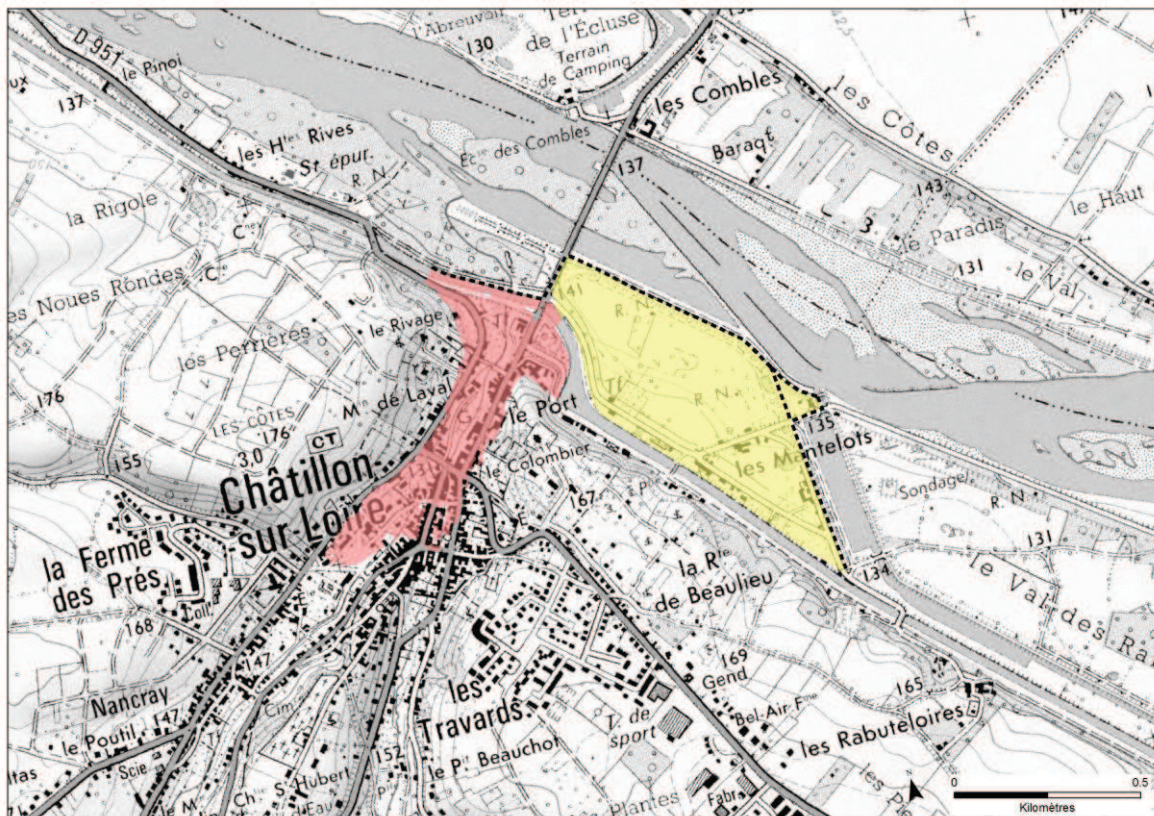


Figure 2 : Zones protégées associées à chaque sous-système d'endiguement (en rose "Châtillon centre", en jaune "Châtillon amont")

Le périmètre initialement envisagé au démarrage de la présente étude de dangers incluait également la levée des Rabuteloires en amont du bassin des Mantelots. Cette levée, d'un linéaire de 2,2 km « protège » jusqu'à la crue biennale le val des Rabuteloires qui est ouvert en amont et n'abrite aucun enjeu humain. Compte tenu de ces deux éléments, cette levée et la zone protégée associée ont été exclues du périmètre du système d'endiguement du val de Châtillon dont le présent document constitue l'étude de dangers.

Comme toutes les levées de la Loire, la levée des Mantelots est un ouvrage ancien qui a été construit et reconstruit par élévations et élargissements successifs au fil des siècles et des crues. Il s'agit d'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 encastés dans la digue,
- Végétation 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 Châtillon est notamment caractérisé par la présence d'une végétation (notamment végétation morte) abondante sur une part importante de son linéaire. Une telle végétation constitue un des facteurs aggravants sensiblement le risque de rupture par érosion interne.

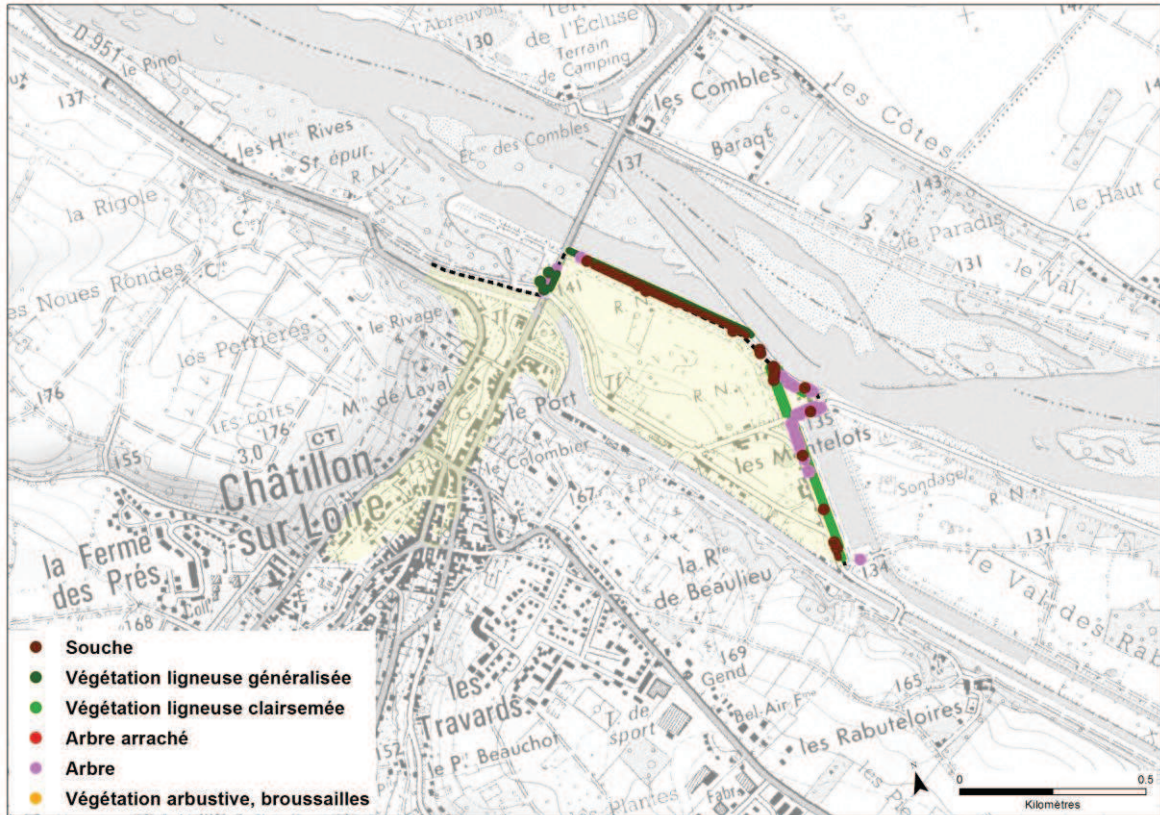


Figure 3 : Localisation et typologie de la végétation présente sur le système d'endiguement du val de Châtillon

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

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

- Soit de l'ouverture partielle ou totale d'une brèche sur un tronçon de la levée
- Soit de la défaillance de la porte de garde de la rivière Ethelin sous le canal (cas du sous-système d'endiguement « Châtillon centre »)
- Soit de l'inondation directe par l'Ethelin suite à la fermeture de la porte de garde (cas du sous-système d'endiguement « Châtillon centre »)

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

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.

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 Chatillon.

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.

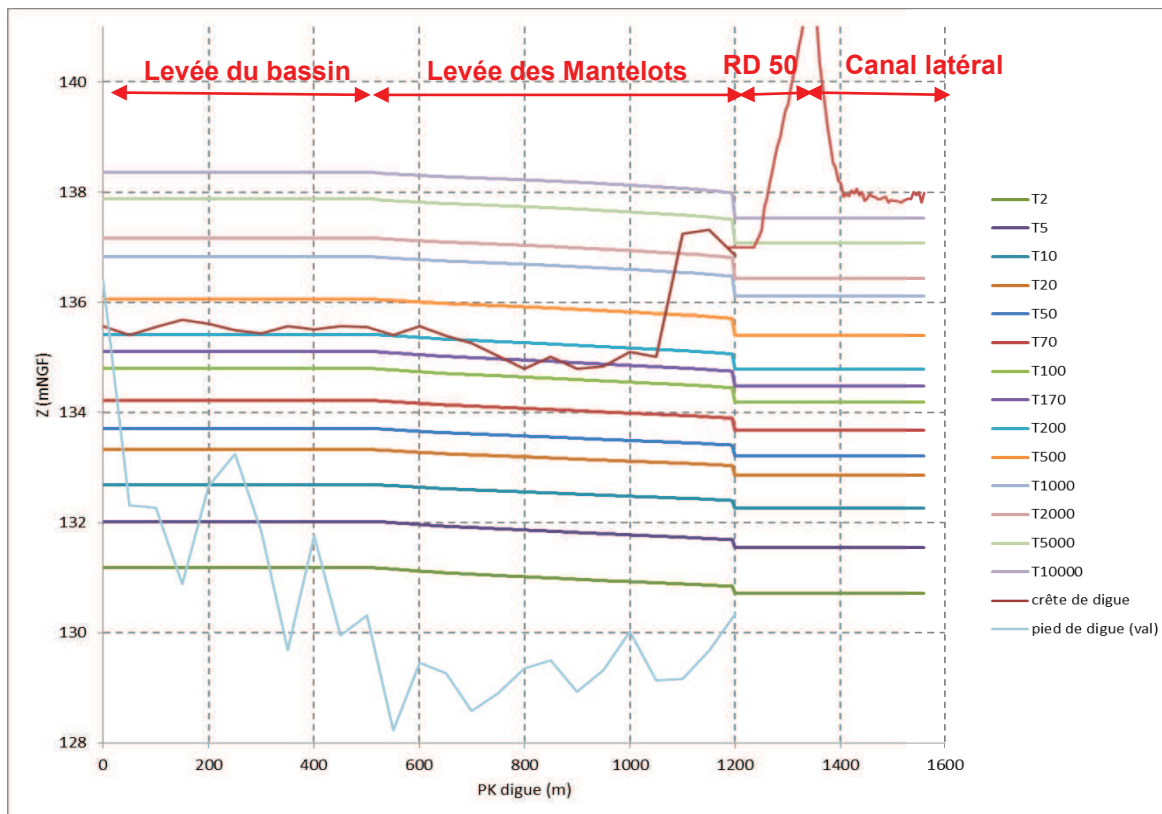


Figure 4 : Lignes d'eau, profils en long de la crête de banquette, crête de digue et pied de digue (levée des Mantelots, RD 50 et canal)

Le comparatif des lignes d'eau et du profil en long de la crête de digue mettent en évidence que :

- Sur le sous-système d'endiguement Châtillon « amont », les premières surverses se produiraient pour une crue d'occurrence 170 ans, correspondant à un débit au bec d'Allier de 6500 m³/s

Le niveau atteint par la crue de période de retour 170 ans définit donc le niveau de protection apparent du sous-système d'endiguement « Châtillon amont ». A une telle crue correspond une hauteur de 6,5 m à l'échelle de crue de Gien, située une dizaine de kilomètres en aval.

- Sur le sous-système d'endiguement Châtillon « centre », le canal latéral à la Loire disposerait encore d'une revanche de plusieurs dizaines de centimètres par rapport au niveau décennal de la Loire

Le niveau de protection apparent du sous-système d'endiguement « Châtillon centre » est donc supérieur au niveau atteint par la crue décennale

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.

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

- Secteur amont de la levée des Mantelots non renforcé où a été constatée une végétation abondante susceptible de favoriser le risque d'érosion interne
- Tronçon de la levée des Mantelots en aval immédiat de la maison éclusière où a également été constatée une végétation abondante susceptible de favoriser le risque d'érosion interne et où la proximité immédiate de la Loire
- Route départementale 50, secteur non renforcé où a également été constatée une végétation abondante susceptible de favoriser le risque d'érosion interne

Le niveau de sûreté du sous-système d'endiguement Châtillon amont » correspond au niveau de la Loire associé à la crue biennale, correspondant à un débit de 1900 m³/s au niveau du val de Châtillon et à une hauteur de 3,3 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 (en l'occurrence le tronçon en aval de la maison éclusière situé au PK 600) ne peut plus être considérée comme négligeable. La probabilité de rupture est estimée à 3% pour la crue quinquennale et dépasse les 80% pour une crue supérieures à la décennale.

Le seul point de fragilité du sous-système d'endiguement Châtillon « centre » est la porte de garde de l'Ethelin, le reste de l'ouvrage pouvant quant à lui être considéré comme fiable compte tenu de sa géométrie et de l'absence de désordre majeur.

Il convient de rappeler que le canal latéral à la Loire fait également l'objet d'un classement en tant que barrage. L'analyse de sa probabilité de rupture (en crue mais aussi hors crue de la Loire et/ou de l'Ethelin) et des conséquences d'une éventuelle rupture (vidange du bief de navigation + éventuellement entrée d'eau de la Loire si une crue de la Loire est à l'origine de la défaillance de l'ouvrage).

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

Comme indiqué précédemment, le risque de défaillance du sous-système d'endiguement « Châtillon amont » ne peut plus être considéré comme négligeable au-delà de la crue biennale et devient même très probable à partir de la crue décennale, soit bien en deçà du niveau de protection apparent correspondant à la crue de période de retour 170 ans que le profil en long de la digue faisait ressortir. La fiabilité du système d'endiguement du val de Châtillon est donc loin d'être atteinte.

A partir de la crue de période de retour 170 ans, la levée des Mantelots entrerait quoiqu'il en soit en surverse, ce qui entrainerait de manière quasi-certaine sa rupture et l'inondation complète du val et de ses habitants.

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

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, cinq scénarios de brèches (+ 2 variantes) ont été simulés et analysés.

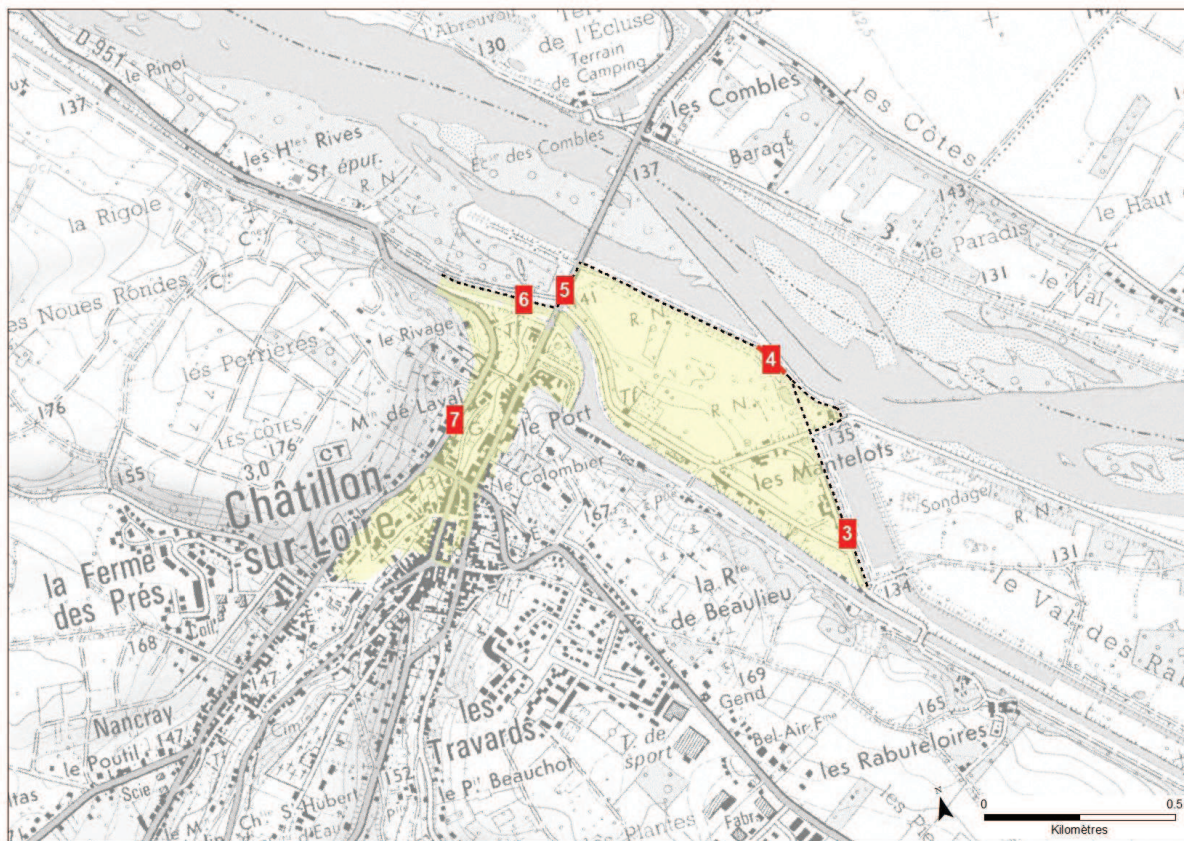


Figure 5 : Carte de localisation des scénarios retenus

Le scénario le plus pénalisant en termes de gravité (enjeux impactés) est le scénario 6² « défaillance de la porte de garde de l'Ethelin ».

Dans ce scénario, pour la crue bicentennale, plus de 130 personnes résidant dans le val de Châtillon seraient inondées.

² Ce scénario a été testé avec une crue décennale de la Loire ainsi qu'avec une crue bicentennale de la Loire (variante 6bis).

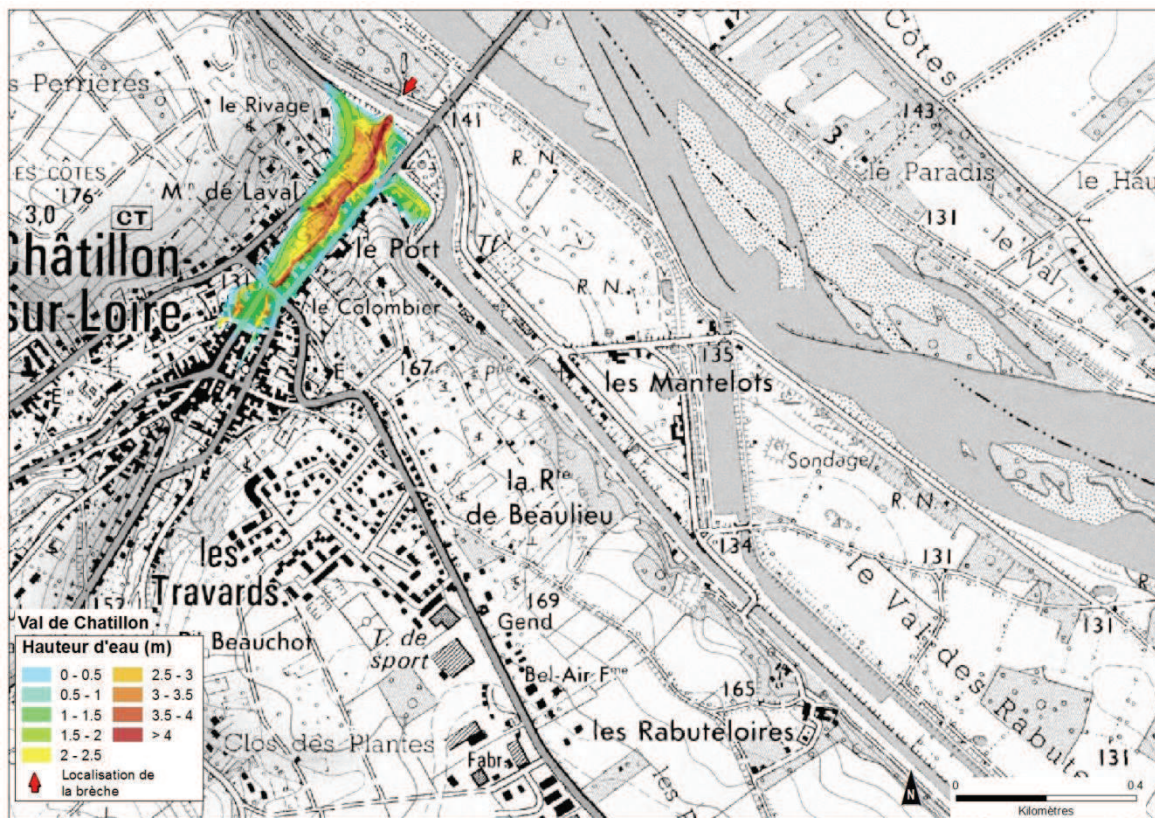


Figure 6 : Carte des hauteurs d'eau maximales - Scénario 6bis

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 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.

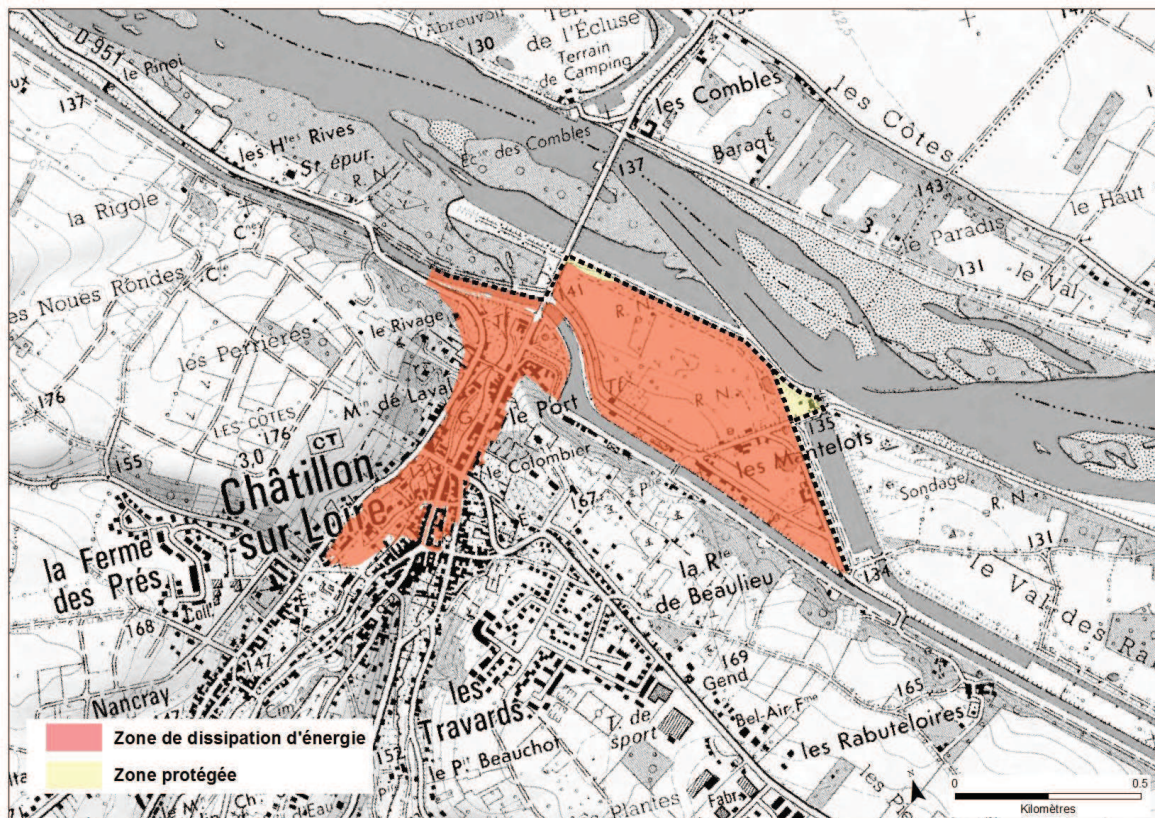


Figure 7 : zone de dissipation d'énergie en arrière des levées

0.6 MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES

L'étude de dangers du système d'endiguement du val de Châtillon 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 Réalisation d'un nouvel ouvrage en épaulement amont de l'ouvrage existant entre les PK0 et 400
 - o Suppression de la végétation, reprofilage des talus avec mise en œuvre massif filtrant et de puits filtrants en pied de digue côté val sur le tronçon de digue non domaniale
 - o Vérification de la fonctionnalité des portes de garde de l'Ethelin et réalisation de travaux de réhabilitation le cas échéant
- 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 Châtillon est de l'ordre de 4 millions 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'y apporter des éléments de réponse à ces questions.