

# ÉTUDE DE DANGERS DU SYSTEME DE PROTECTION DU VAL DE DAMPIERRE-EN-BURLY 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 Dampierre 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 Dampierre s'étend sur environ 4 km de la rive droite de la Loire, sur la commune de Dampierre-en-Burly.

La zone protégée par le système d'endiguement du val de Dampierre, appelée communément val de Dampierre, abrite environ vingt-cinq personnes.

De par sa population protégée et de sa hauteur, le système d'endiguement du val de Dampierre devrait être classé en digue de classe C<sup>1</sup>.

### 0.2 COMPOSITION DU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU VAL DE DAMPIERRE

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

Il est constitué de :

- De plusieurs levées domaniales, propriétés de l'Etat au titre du Domaine Public Fluvial et gérées, par délégation du Préfet du Loiret, par la Direction Départementale des Territoires du Loiret (DDT 45) ;
  - la petite levée, représentant un linéaire d'environ 1,3 km et d'une hauteur moyenne est de l'ordre de 2,5 m
  - du déversoir de Pierrelaye, représentant un linéaire d'environ 350 m et d'une hauteur moyenne est de l'ordre de 1,8 m
  - de la levée de Dampierre, représentant un linéaire d'environ 1,9 km et d'une hauteur moyenne est de l'ordre de 3,2 m

<sup>1</sup> 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 digue du canal d'aménée à la centrale, propriété d'EDF et représentant un linéaire d'environ 2,2 km et d'une hauteur moyenne est de l'ordre de 4,4 m
- Des différentes digues de second rang, représentant un linéaire total d'environ 3,8 km :
  - Digue annexe de la centrale, digue de la centrale, digue de l'entrée d'eau, digue du canal aval, déversoir du canal, digue latérale de la centrale, toutes propriétés d'EDF
  - Digue support de la route départementale, propriété du Conseil général du Loiret

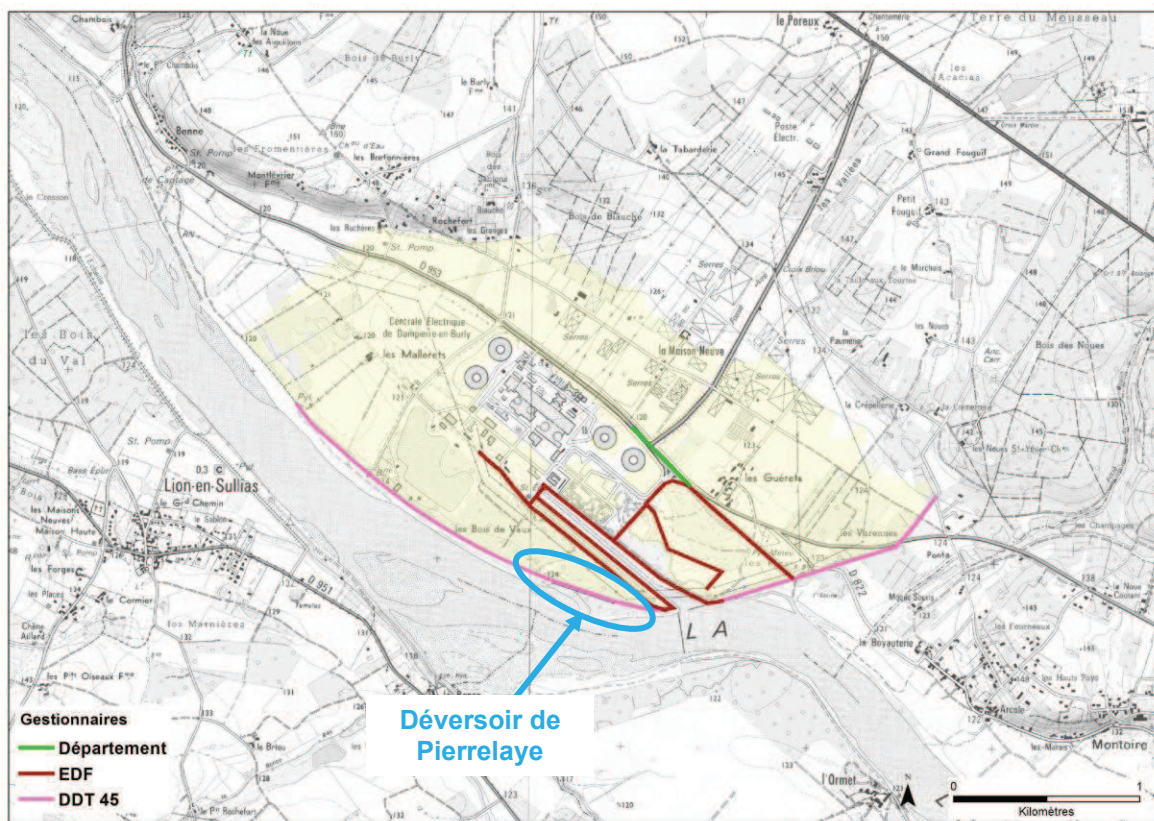


Figure 1 : tronçons de levées et gestionnaires associés

Comme toutes les levées de la Loire, les levées domaniales constitutives du système d'endiguement du val de Dampierre sont des ouvrages anciens qui ont été construits et reconstruits par élévations et élargissements successifs au fil des siècles et des crues. Les digues du canal EDF sont des ouvrages beaucoup plus récents puisqu'elles datent de la construction de la centrale nucléaire à la fin des années 1970.

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 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 Dampierre est notamment caractérisé par la présence d'une végétation abondante sur une part importante de son linéaire. Une telle végétation constitue un des facteurs aggravants sensiblement le risque de rupture par érosion interne.

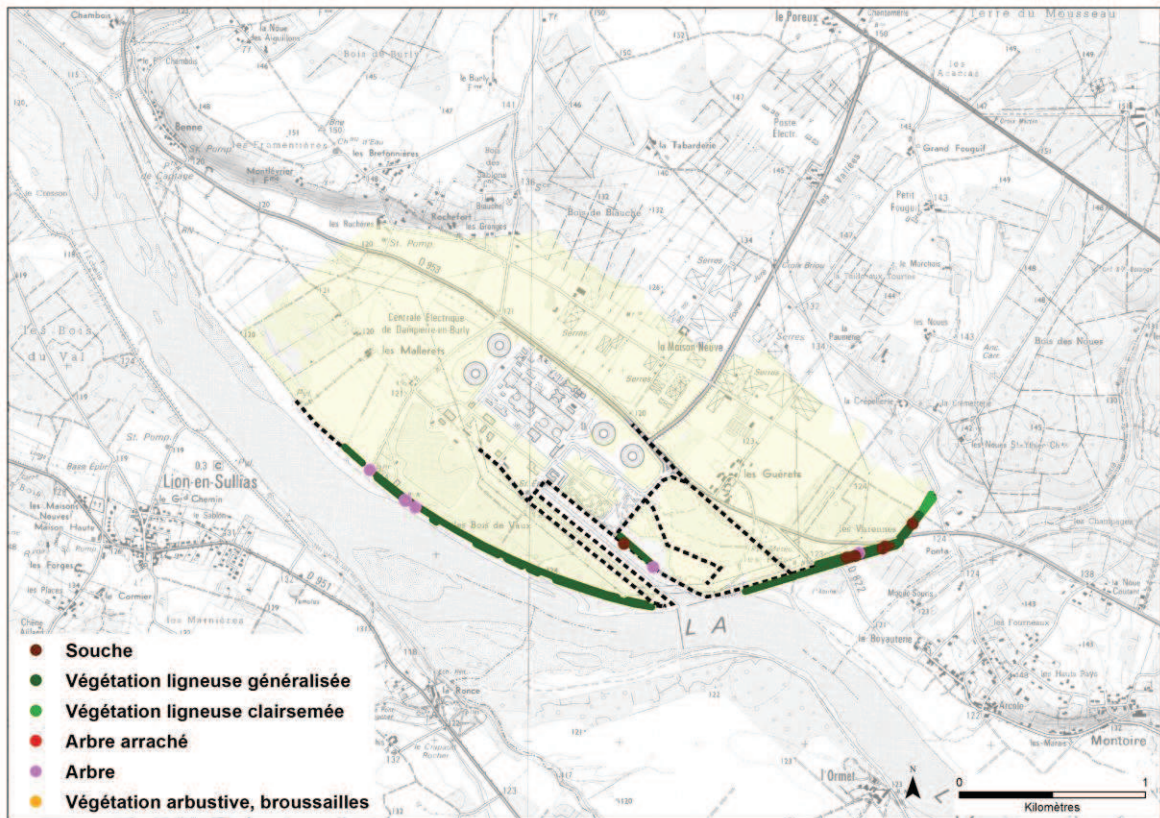


Figure 2 : localisation et typologie de la végétation présente sur le système d'endiguement du val de Dampierre

### 0.3 DANGERS LIÉS AU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU VAL DE DAMPIERRE

Les dangers liés au système d'endiguement du val de Dampierre 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
- à la mise en fonctionnement du déversoir de Pierrelaye

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

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

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. L'objectif de protection historique a donc sans cesse évolué.

Le niveau de protection « final » correspond à l'occurrence de mise en fonctionnement du déversoir de Pierrelaye lors de sa conception suite aux crues du XIXème siècle. Malgré les évolutions du lit de Loire qui se sont produites depuis lors, on peut estimer cette occurrence entre 50 et 70 ans.

### 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 m<sup>3</sup>/s à 14 200 m<sup>3</sup>/s. Il a été supposé dans les calculs qu'aucune brèche ne se produisait en amont et en aval du val de Dampierre.

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.

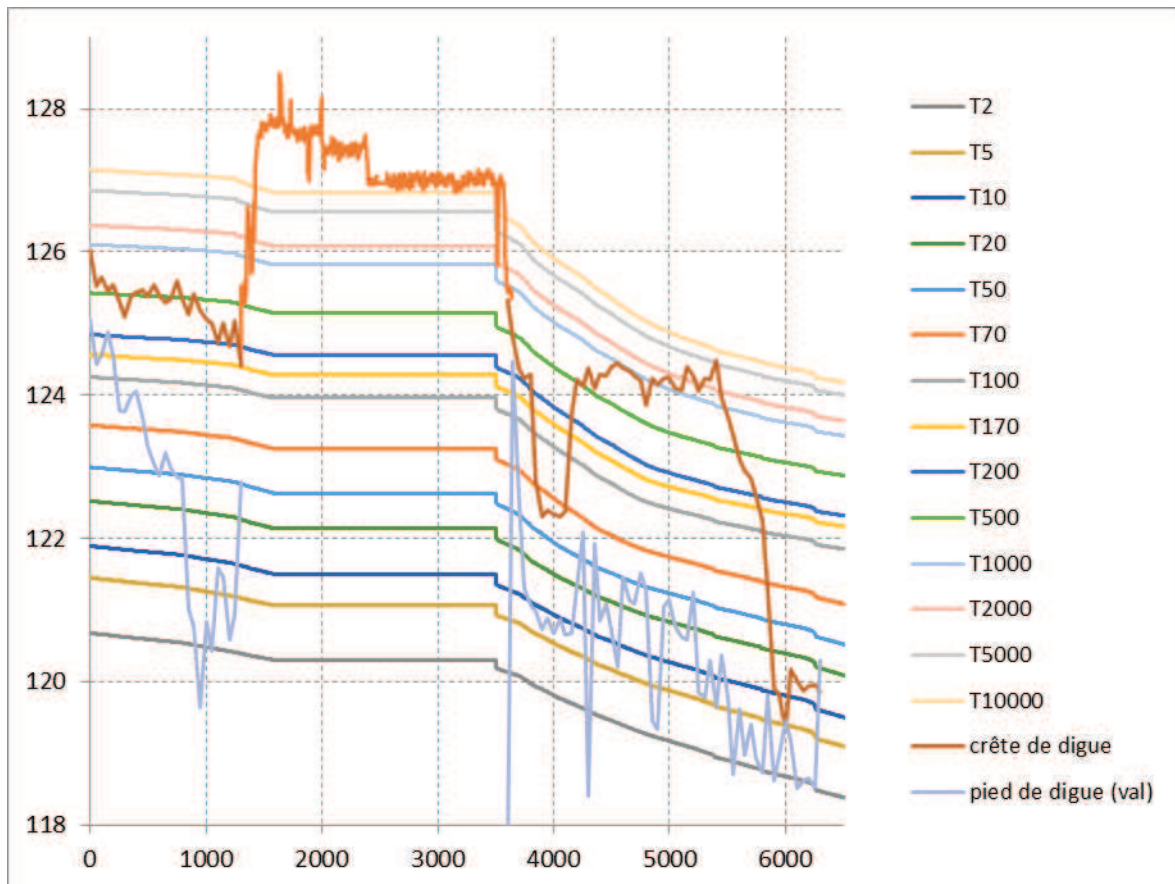


Figure 3 : lignes d'eau, profils en long de la crête de banquette, crête de digue et pied de digue

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 par l'intermédiaire du déversoir de Pierrelaye pour une crue d'occurrence 60 ans environ, correspondant à un débit au bec d'Allier de l'ordre de 4500 m<sup>3</sup>/s.

Le niveau atteint par la crue de période de retour 60 ans définit donc le niveau de protection apparent du système d'endiguement du val de Dampierre. A une telle crue correspond une hauteur de 5,7 m à l'échelle de crue de Gien, située quelques kilomètres en amont.

Toutefois, un peu avant la crue quinquennale, soit un débit de 2600 m<sup>3</sup>/s au droit du val de Dampierre et une hauteur à l'échelle de crue de Gien de 4,1 m, la zone protégée commencerait à être inondée par remous depuis le linéaire aval non endigué.

Pour la crue de période de retour 60 ans, correspondant au niveau de protection apparent du val de Dampierre, 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. Toutefois, pour une telle occurrence de crue, seule une faible minorité des personnes situées dans la zone protégée seraient susceptibles d'être soumis à un tel phénomène.

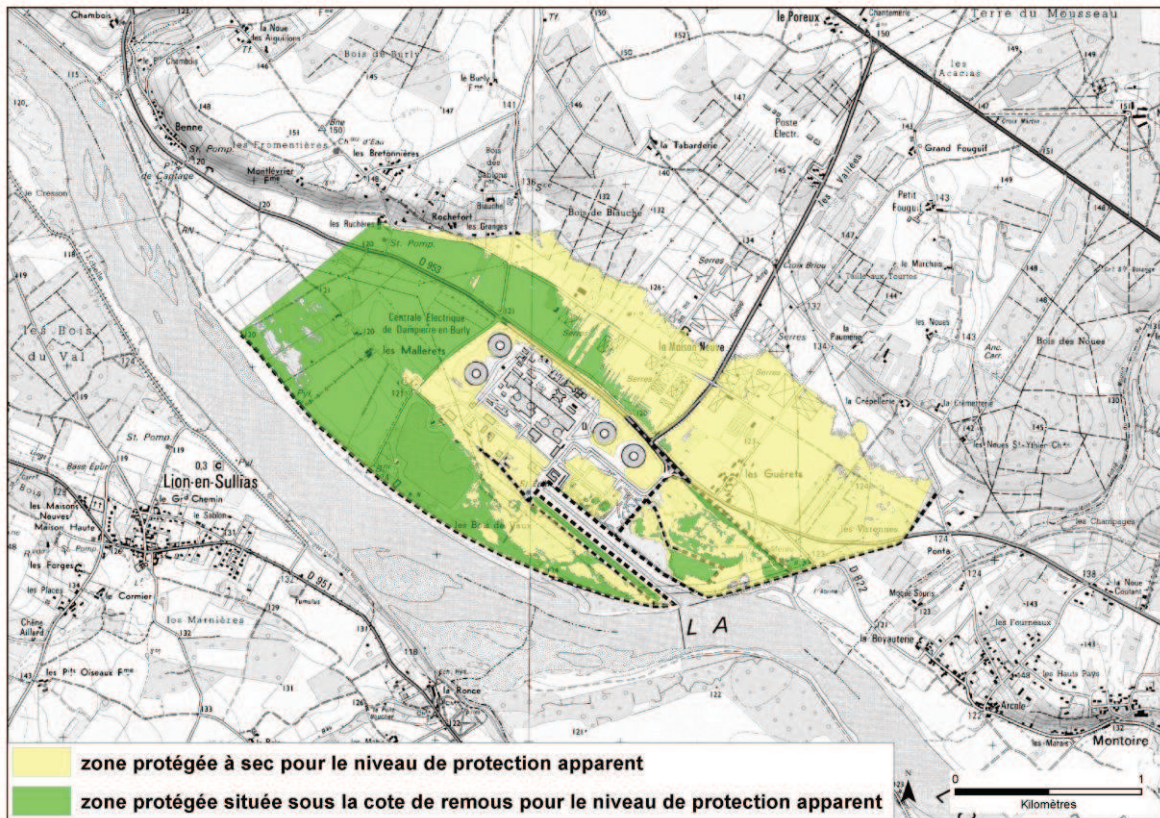


Figure 4 : zone protégée soumise au remous et zone protégée à sec pour le niveau de protection apparent

### 0.4.3 Défaillance du système d'endiguement

L'analyse de la défaillance 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 aval de la petite levée où ont été recensées une végétation abondante ainsi qu'une ancienne fosse d'érosion en pied de digue susceptibles de favoriser le risque d'érosion interne
- Déversoir de Pierrelaye, où a été recensée une végétation abondante susceptible de favoriser le risque d'érosion interne

Le niveau de sûreté du système d'endiguement correspond à un niveau de la Loire compris entre celui associé à une crue quinquennale et celui associé à une crue décennale.

Au-delà de ce niveau, la probabilité de rupture au droit du tronçon élémentaire de digue le plus fragile (en l'occurrence secteur amont) ne peut plus être considéré comme négligeable. La probabilité de rupture est estimée à 1% pour la crue décennale, à 25% pour une crue vicennale et est quasi certaine (>80%) pour une crue cinquantennale.

#### **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 décennale et devient même très probable à partir de la crue cinquantennale.

A partir de la crue de période de retour 60 ans, la déversoir de Pierrelaye entrerait quoiqu'il en soit en fonctionnement, provoquant l'inondation de la partie aval du val. Il faudrait cependant dépasser la crue d'occurrence 200 ans pour que les niveaux d'eau en Loire entraînent la surverse par-dessus la petite levée.

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.

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, trois scénarios de brèches ont été simulés et analysés.

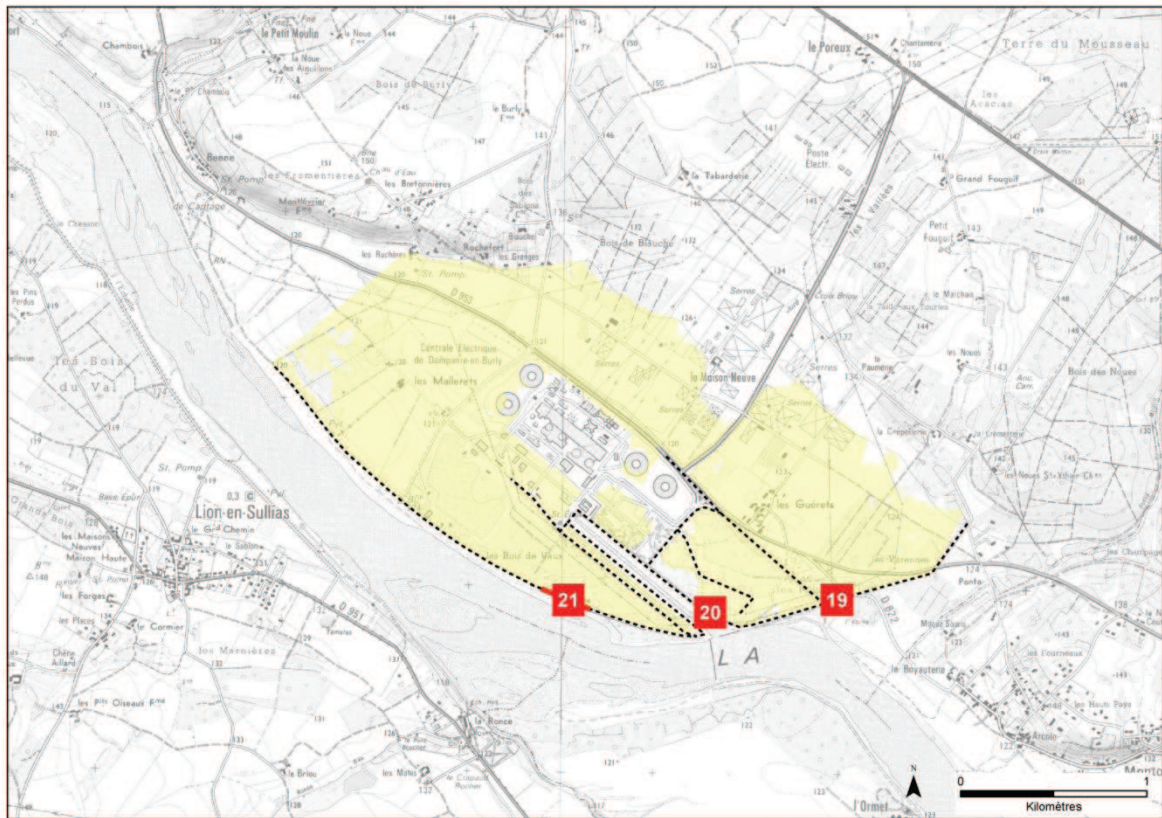


Figure 5 : Carte de localisation des scénarios retenus

Le scénario le plus pénalisant en termes de gravité (enjeux impactés) est le scénario n°19 « rupture en aval de la petite levée ».

Dans ce scénario, pour une crue cinquantennale, une douzaine de personnes résidant dans le val de Dampierre (au niveau du hameau des Guérets) serait inondé par environ 1 m d'eau.

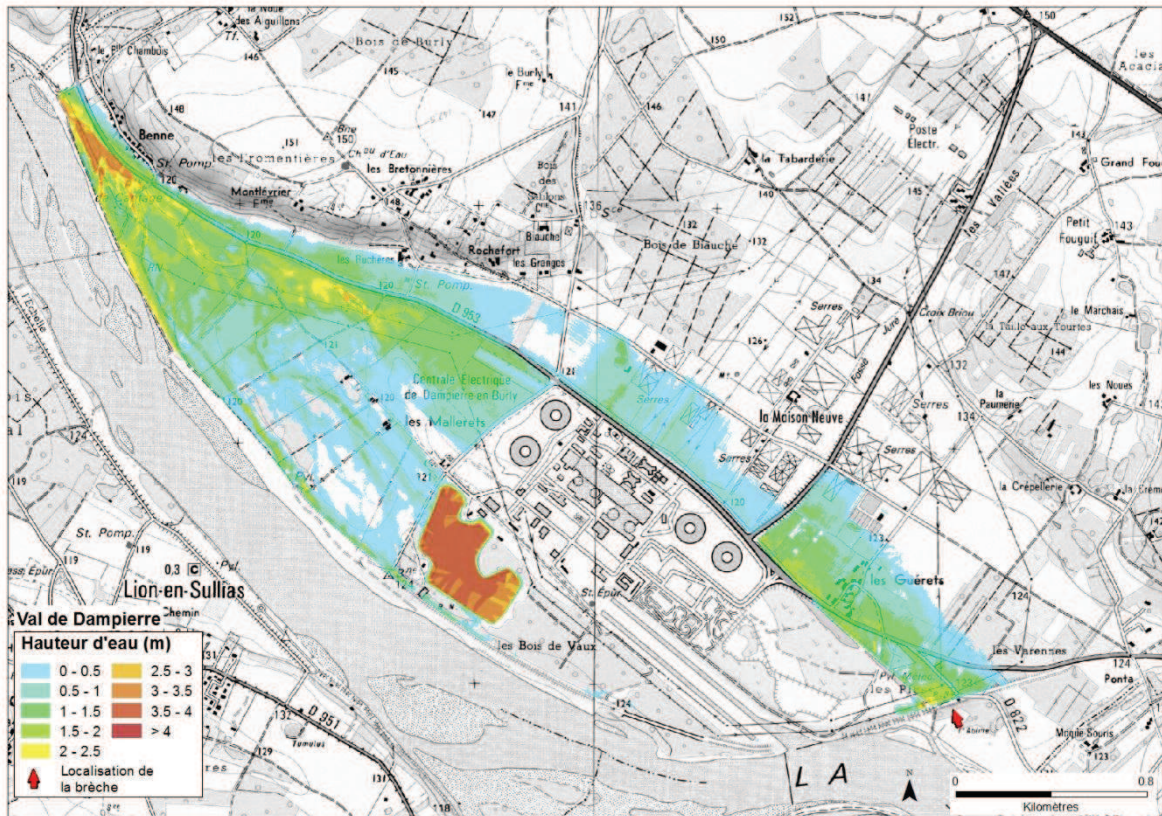


Figure 6 : Carte des hauteurs d'eau maximales - Scénario 19

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 ».

Il convient ici de signaler que la plateforme de la centrale nucléaire de Dampierre est située à une altitude nettement supérieure à celle de la levée de Dampierre qui lui fait face. Ce n'est donc pas le système d'endiguement du val de Dampierre qui contribue à la maintenir hors d'eau (elle reste d'ailleurs à sec bien après la mise en fonctionnement du déversoir de Pierrelaye). De fait, la plateforme de la centrale ne fait pas partie de la zone protégée associée au système d'endiguement du val de Dampierre.

## 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.

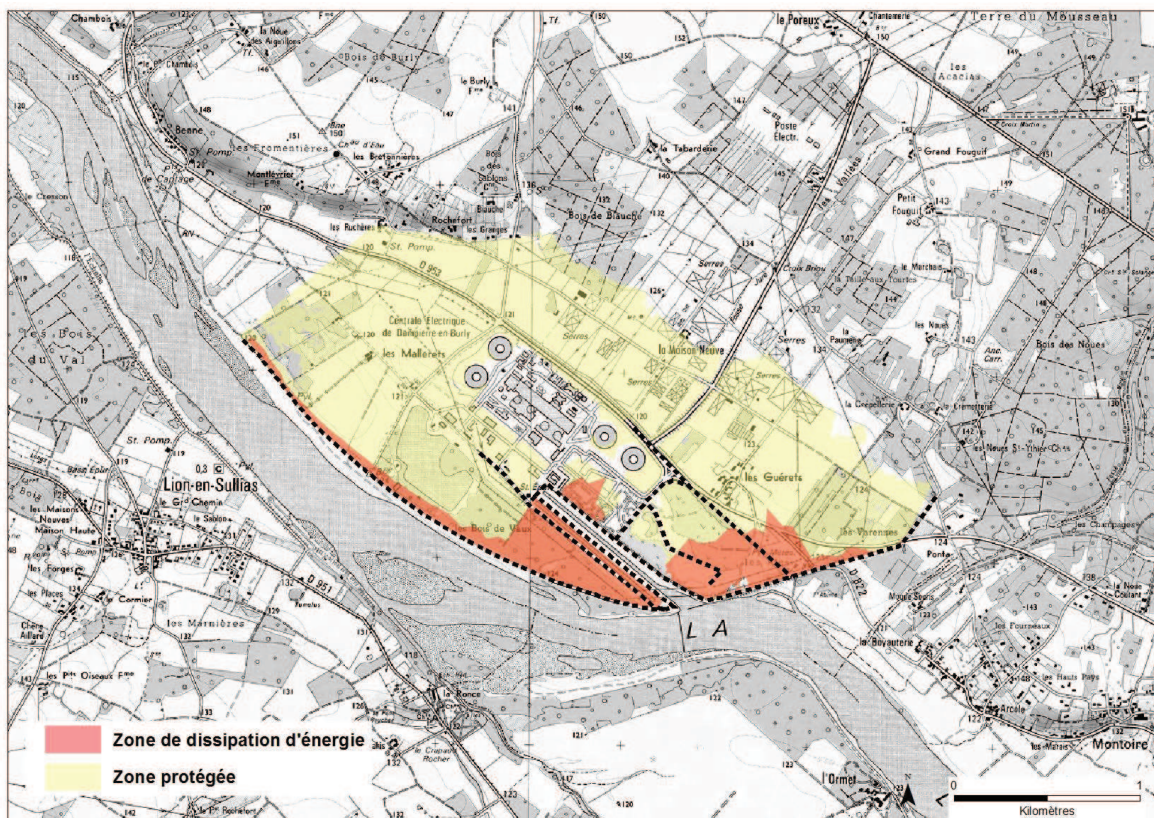


Figure 7 : zone protégée et zone de danger en arrière immédiat des digues

## 0.6 MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES

L'étude de dangers du système d'endiguement du val de Dampierre 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 Prévenir les attaques et restaurer les levées affectées par des terriers
  - o Mise en place côté val d'un épaulement filtrant et de puits de décompression des PK 350 à 1300
  - o Suppression de la végétation des PK350 à 1300
- 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 de Dampierre est de l'ordre de 1,25 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'y apporter des éléments de réponse à ces questions.