

# 0 RESUME NON TECHNIQUE DE L'EDD DU BARRAGE DU CHARTRAIN

## 0.1 PREAMBULE

Conformément à la réglementation, Roannaise De l'Eau (noté RDE), en qualité de Responsable du barrage, a fait réaliser l'Etude de Dangers du barrage du CHARTRAIN par l'Organisme agréé ISL Ingénierie (noté ISL).

L'EDD porte sur le barrage, ses organes de sécurité et ses dispositifs et moyens d'exploitation et de surveillance ; elle ne concerne pas les ouvrages et organes de production d'énergie (ou autre usage du barrage à des fins industrielles), en particulier l'alimentation en eau potable et la future micro-centrale hydroélectrique prévue pour turbiner le débit réservé.

## 0.2 L'OUVRAGE ET SON ENVIRONNEMENT

Le barrage du CHARTRAIN, implanté sur la rivière « La Tâche »<sup>1</sup> juste avant sa confluence avec « Le Renaison », est situé sur les communes de Renaison et Saint-Rirand, à 17 km de la ville de Roanne (propriétaire du barrage), dans le département de la Loire (42).

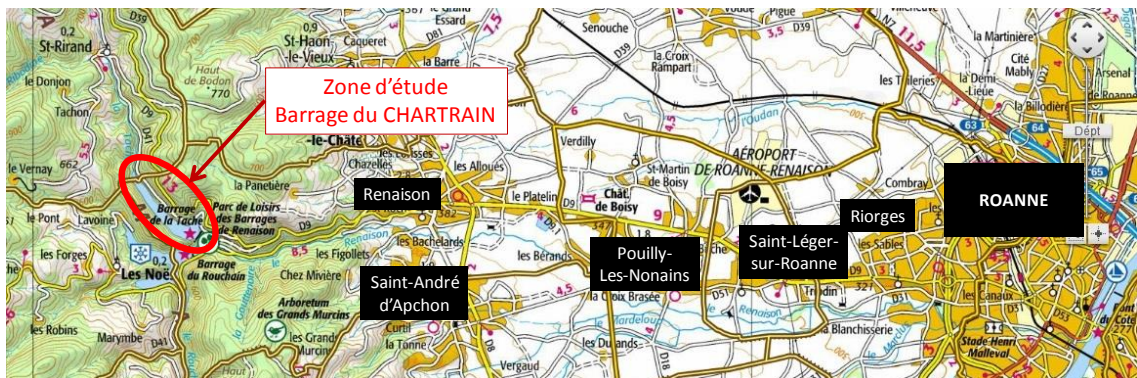


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude du barrage du CHARTRAIN (source Géoportail + infographie ISL)

<sup>1</sup> C'est pourquoi certains documents le référencent comme le barrage de LA TÂCHE.

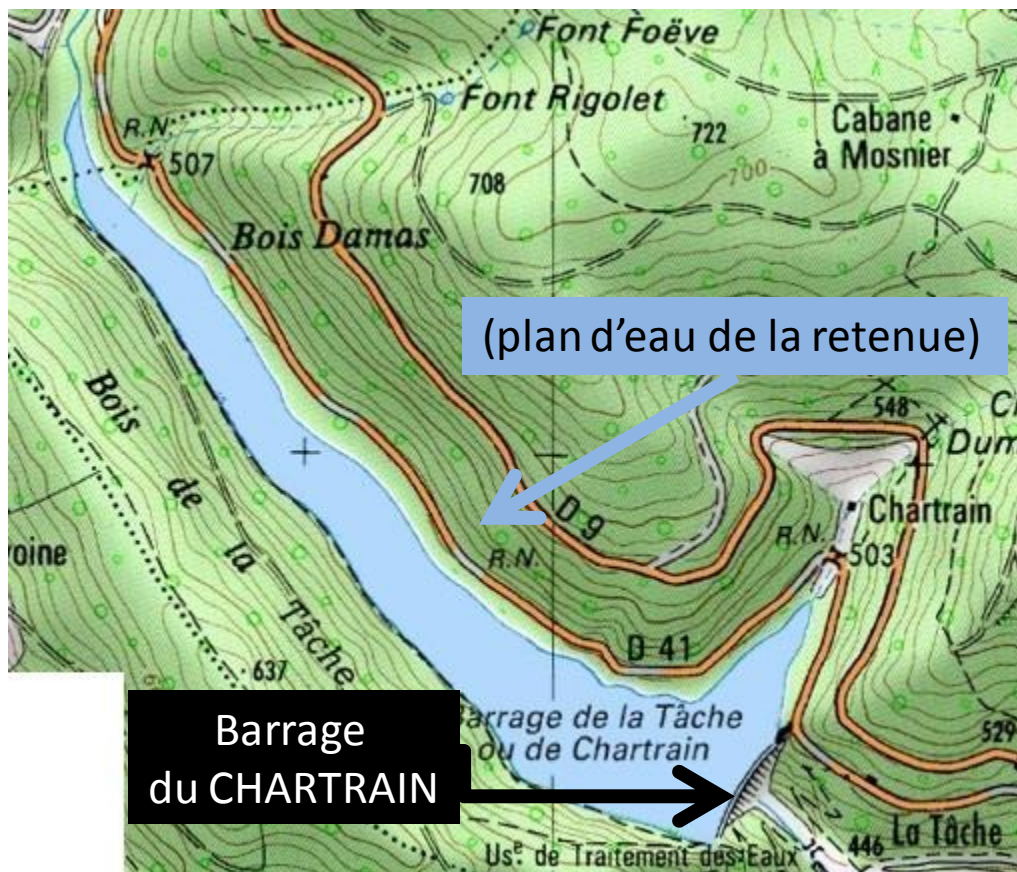


Figure 2 : Zone du barrage du CHARTRAIN (carte IGN + infographie ISL)

L'environnement général du barrage est constitué par la retenue artificielle qu'il crée et la commune principale située à l'aval, Roanne ; les principaux enjeux de sécurité publique concernés par une éventuelle défaillance du barrage sont la rupture du barrage.

Les fonctions de sécurité du barrage sont de retenir l'eau de la retenue artificielle qu'il crée par sa présence et de laminer le transit des crues naturelles de la rivière.

La retenue alimente une station de traitement des eaux, afin de fournir de l'eau potable à l'agglomération roannaise.

RDE a été autorisée à poursuivre l'exploitation du barrage par arrêté préfectoral du 31 août 2009 (Source 12). Le dernier arrêté préfectoral N°DT-12-581 date du 23 août 2012 et autorise l'installation d'une micro-centrale hydroélectrique pour turbiner le débit réservé<sup>2</sup>. Par ailleurs, pour les deux barrages, le débit réservé est fixé par l'arrêté préfectoral n°466 du 6 octobre 2005. Toute l'année un débit minimal est requis par ouvrage, à savoir 30 l/s pour le CHARTRAIN et 70 l/s pour le ROUCHAIN. Le débit total doit être de 300 l/s (du 1 mars inclus au 30 septembre inclus) ou de 100 l/s (du 1 novembre inclus au 1er mars exclus).

<sup>2</sup> A la date de cette EDD, l'équipement n'a pas encore été installé.

### 0.3 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Le barrage du CHARTRAIN<sup>3</sup> a été construit entre avril 1888 à septembre 1891, et mis en service en 1892 ; il s'agit d'un ouvrage de classe A, suivant le classement des barrages défini par le décret N°2007-1735 du 11 décembre 2007.

Le barrage du CHARTRAIN est un ouvrage de conception ancienne en regard de sa date de construction. Les études et la maîtrise d'œuvre à la construction ont été menées par le Services des Ponts et Chaussées de la Loire.

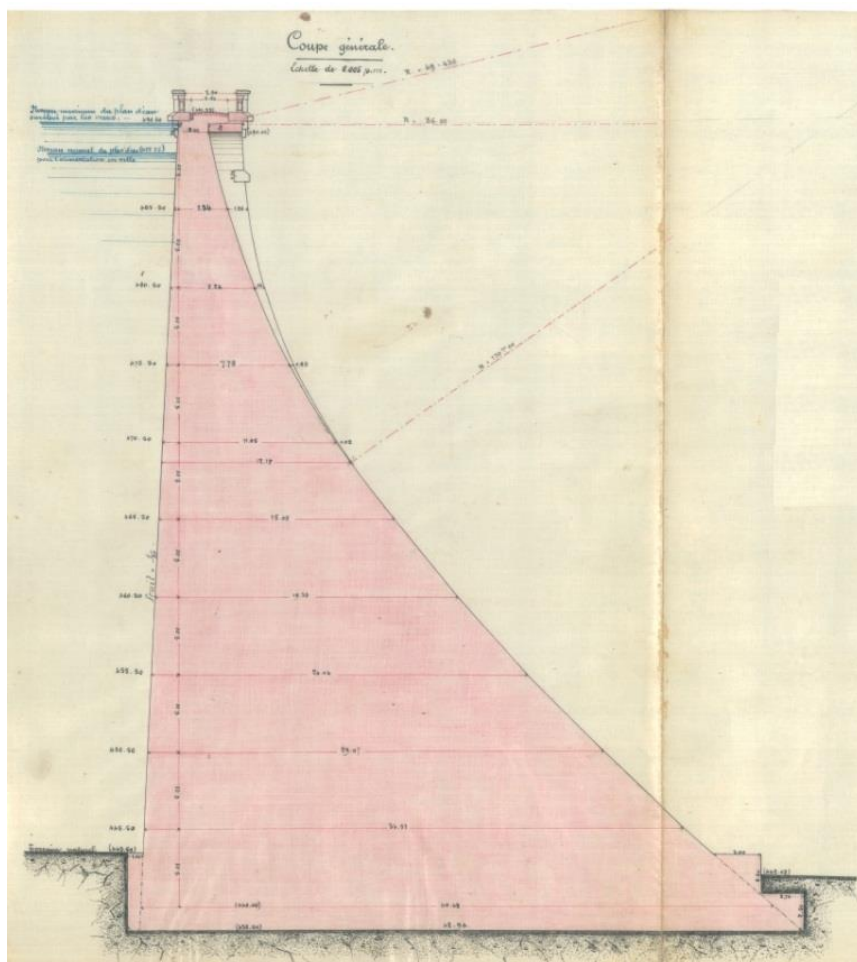


Figure 3 : Photo de la retenue du barrage du CHARTRAIN (source ISL)



Figure 4 : Photo du barrage du CHARTRAIN depuis la rive gauche (source ISL)

<sup>3</sup> Les informations sont extraites de la Source 1.



**Figure 5 : Plan d'archives de la coupe type du barrage du CHARTRAIN (source dossier d'ouvrage)**

**Le barrage** : il s'agit d'un barrage-poids en maçonnerie, d'une hauteur maximale de 47 m (au dessus du terrain naturel) et dont la longueur en crête est de 221 m. Le barrage crée une retenue artificielle de 3,53 Hm<sup>3</sup> à l'altitude de retenue normale<sup>4</sup> 488,25 m NGF-IGN69; il est régulièrement surveillé par l'exploitant, ausculté et contrôlé.

**L'évacuateur de crues** : Il est placé latéralement et de type seuil libre : il est placé en rive gauche. Il est dimensionné pour permettre le transit, en toute sécurité, d'une crue naturelle ayant une chance sur trois mille de survenir chaque année (soit une période de retour de 3 000 ans).

**L'organe de vidange de fond** : le barrage est équipé d'un organe de sécurité dont la fonction principale est de permettre par son ouverture une baisse rapide du niveau de la retenue dans l'hypothèse de l'émergence d'une situation d'urgence.

**Les équipements auxiliaires du barrage** : il s'agit des équipements d'alimentation en énergie, des dispositifs de mesure du niveau du plan d'eau, du système de surveillance et d'auscultation du barrage.

<sup>4</sup> La cote de retenue normale, sur décision de RDE, est dorénavant fixée depuis février 2012 par la cote du seuil du clapet qui est maintenu abaissé en permanence et ne sera plus manipulé (Source 14 page 44)

**L'accès au barrage** : pour la crête, il s'effectue par la rive gauche en empruntant la route départementale D41. Pour la chambre des vannes, il s'effectue par la vallée du Renaison ou à pieds depuis la crête.

## 0.4 L'ENVIRONNEMENT DE L'OUVRAGE

### 0.4.1 LA RETENUE D'EAU CREEE PAR LE BARRAGE

En situation d'exploitation courante, à l'altitude de 488,25 m NGF-IGN69, la surface de la retenue est de 270 000 m<sup>2</sup> et s'étend sur près de 1,6 km.

La retenue est alimentée par un bassin versant de 14,7 km<sup>2</sup>.

La vallée à l'amont du barrage est étroite et située sur la bordure Sud-Est des monts de la Madeleine qui font partie du Massif Central. Elle est représentative d'un relief de moyenne altitude ; les berges de la retenue sont pentues et fortement boisées.

Toutes les activités autres que la production d'eau potable sont interdites sur le plan d'eau créé par la retenue du barrage du CHARTRAIN, par arrêté préfectoral de déclaration d'utilité publique N°2004-211 du 25 juin 2004 (baignade, pêche, canotage, camping, ...).

### 0.4.2 L'ENVIRONNEMENT A L'AMONT ET A L'AVAL DU BARRAGE

A l'amont : aucune installation industrielle ou infrastructure particulière ne sont présentes à l'amont du barrage du CHARTRAIN.

A l'aval : l'agglomération principale est Roanne (à 17 km environ) avec des infrastructures de communication importantes (N7, aéroport de Roanne-Renaison et la future liaison TGV Paris-Orléans-Clermont-Lyon) et des établissements sensibles (SDIS, ERP, écoles). Aucune industrie classée SEVESO n'est présente.

A noter la présence du barrage du ROUCHAIN à proximité immédiate du barrage du CHARTRAIN.

## 0.5 L'EXPLOITATION DU BARRAGE ET LA GESTION DE LA SECURITE

L'exploitation du barrage du CHARTRAIN est assurée par RDE.

Les missions de l'exploitant de barrage sont : la conduite, la surveillance et la maintenance opérationnelle courante du barrage et de ses équipements. L'organisation décrite dans les consignes permet de mobiliser les moyens adaptés pour faire face avec l'anticipation requise, aux situations rencontrées.

Le barrage est exploité dans le respect des procédures établies et mises à jour autant que de besoin, par le Responsable de l'ouvrage et dont certaines sont soumises à l'approbation des services du contrôle, délégataire de l'autorité administrative ; les procédures d'exploitation en situations exceptionnelles comme, par exemple, les crues et les séismes, sont parmi les plus importantes, en raison de leur lien avec les exigences de sécurité publique auxquelles les barrages sont soumis.

Les organes et leurs équipements font l'objet d'essais périodiques (deux fois par an); ces derniers sont réalisés par l'exploitant suivant des procédures établies.

Des dispositifs particuliers existent pour maîtriser les risques et en limiter les conséquences, dans l'hypothèse d'une situation accidentelle : ils sont composés de panneaux de danger<sup>5</sup> et de campagnes régulières pour sensibiliser le public (DICRIM<sup>6</sup>).

La pièce maîtresse du dispositif de prévention et de maîtrise des risques mis en place par le Responsable de l'ouvrage, repose sur la surveillance du barrage et des organes de manœuvres, la maintenance des installations. Le barrage du CHARTRAIN est "ausculté" grâce à plusieurs appareils de mesure ; la fréquence des relevés permet aux organismes d'ingénierie qui interviennent sur sollicitation du Responsable de l'ouvrage, de détecter les anomalies éventuelles, d'analyser le comportement du barrage, de réévaluer son niveau de sécurité, de proposer des interventions pour maintenir l'ouvrage au niveau de sécurité requis et en maîtriser les risques liés à son exploitation.

---

<sup>5</sup> Ils sont placés tout le long du Renaison jusqu'à Roanne et indiquent le risque de montée brutale des eaux.

<sup>6</sup> Ils sont disponibles pour Roanne, Riorges (qui ne mentionne pas le risque « barrage »), Renaison, Pouilly-les-Nonains et Saint-André d'Apchon. Il manque celui de Saint-Léger-sur-Roanne qui n'a pas encore été établi à la date de cette EDD.

## 0.6 METHODE D'ANALYSE DES RISQUES

D'une manière générale, la sûreté des barrages en exploitation comme celui du CHARTRAIN, est assurée par la maîtrise permanente des trois fonctions de sécurité de l'ouvrage qui sont "retenir l'eau", "maîtriser les variations de débit à l'aval", "maîtriser les variations du niveau du plan d'eau amont".

L'analyse des situations dangereuses et de leurs conséquences est menée dans le cadre de cette étude de dangers selon les étapes suivantes :

- Définition des potentiels de dangers,
- Etablissement exhaustif des modes de défaillance des composantes fonctionnelles du barrage,
- Estimation des probabilités annuelles d'occurrence des scénarios de défaillance pouvant amener à un potentiel de danger – Note de Probabilité « P »,
- L'évaluation des gravités des conséquences – Note de Gravité « G ».

Elles sont présentées dans le détail ci-après.

### Définition des potentiels de dangers

Le potentiel de dangers pris en compte est la libération de l'eau stockée dans la retenue de l'ouvrage.

Ce phénomène peut se produire suite aux évènements suivants :

- (1) une rupture totale de l'ouvrage,
- (2) un phénomène gravitaire rapide affectant la retenue,
- (3) un dysfonctionnement de l'un des organes de l'ouvrage ou un incident lors d'une manœuvre d'exploitation.

Dans le cadre de cette EDD, il a été mis en avant que seul le phénomène (1) est à considérer pour le barrage du CHARTRAIN.

Le dysfonctionnement au niveau de la vidange de l'ouvrage (ouverture intempestive des vannes ou rupture de la conduite) ou rupture de la prise d'eau dans les chambres des vannes ne conduisent pas à une libération d'eau supérieure au débit décennal du cours d'eau qui est de 25 m<sup>3</sup>/s. Le cadre réglementaire de cette EDD précise que les débits inférieurs aux débits décennaux ne sont pas à considérer, dans le cadre de l'étude, en tant que potentiel de dangers. Ces débits ne sont néanmoins pas négligeables (environ 12 m<sup>3</sup>/s en cas de rupture totale d'une conduite à « gueule bé ») et une signalisation adaptée est en place.

### Etablissement exhaustif des modes de défaillance des composantes fonctionnelles du barrage

A partir de la description de l'ouvrage et de l'environnement de celui-ci, il est possible de décomposer le système selon les fonctions qu'il assure et d'établir les relations fonctionnelles à l'intérieur et à l'extérieur du système. Cette analyse fonctionnelle permet ensuite de rechercher les modes de défaillance du système via les modes de défaillance des composantes fonctionnelles. Pour cela, la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) a été utilisée. Cette méthode est basée sur l'établissement de relations de causes à effets, ce qui permet d'identifier les modes de défaillance. Il ressort de cette analyse des risques, les défaillances des composantes fonctionnelles : elles sont dites de 1<sup>er</sup> ordre et peuvent amener à un potentiel de danger.

### **Estimation des probabilités annuelles d'occurrence des scénarios de défaillance pouvant amener à un potentiel de danger – Note de Probabilité « P »**

Pour chaque potentiel de dangers, il a été mis en avant des modes ultimes de défaillance. Ils sont les suivants pour le barrage du CHARTRAIN :

- SCENARIO 1 : La rupture par glissement dans le corps du barrage ou à l'interface avec la fondation (provoquée par une fissuration ou une rupture traction-cisaillement),
- SCENARIO 2 : La rupture par instabilité d'un dièdre en fondation.

Pour chaque mode ultime de défaillance il a été mis en avant, grâce à l'analyse réalisée par la méthode AMDEC, des événements initiateurs (séismes, niveaux d'eau extrêmes dans la retenue, vieillissement de l'ouvrage,...). Ces événements initiateurs ont été estimés en termes de probabilités annuelles d'occurrence via une analyse objective basée sur des calculs ou par une analyse empirique basée sur un jugement subjectif établi par des ingénieurs spécialisés.

Les événements initiateurs n'entraînent pas à coup sûr un mode ultime de défaillance : il existe en effet des barrières de sécurité (auscultation de l'ouvrage, organisation de l'exploitant, contrôle régulier externe) qui permettent d'interrompre naturellement ce processus de défaillance.

Les barrières de sécurité potentiellement disponibles entre l'événement initiateur et le mode ultime de défaillance ont été identifiées pour chaque scénario et l'évaluation de leur efficacité et de leur disponibilité (vis-à-vis notamment de la cinétique des événements initiateurs) a été réalisée en termes de niveau de confiance.

Un niveau de confiance de disponibilité élevé permet de réduire la probabilité d'occurrence de l'enchaînement des dégradations entre l'événement initiateur et le mode ultime de défaillance.

Afin de rendre visible et plus compréhensible le raisonnement précédent, un arbre de défaillance a été construit. La construction de cet arbre a permis de mettre en évidence les modes ultimes de défaillance les plus probables (et leur probabilité annuelle d'occurrence) et les causes principales de ces défaillances (événement initiateur de forte probabilité ou barrière de sécurité de niveau de confiance faible).

L'occurrence du potentiel de dangers a enfin été quantifiée, en fonction de la probabilité d'occurrence du mode ultime de défaillance le plus probable, selon une échelle à 7 niveaux allant de 5 « Evènement fréquent » à -1 « Evènement possible mais extrêmement peu probable ».

### **L'évaluation des gravités des conséquences – Note de Gravité « G »**

L'évaluation des conséquences a été réalisée de la manière suivante :

#### **1 : Modélisation numérique du potentiel de dangers**

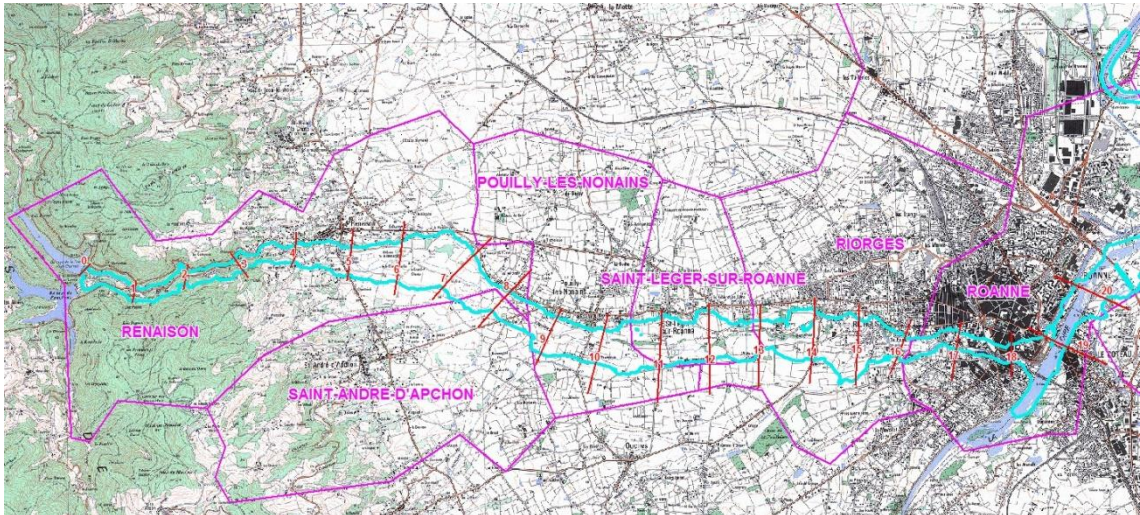
Cette modélisation permet de simuler la rupture du barrage : elle a été considérée comme totale et immédiate.

Elle a permis d'estimer les grandeurs physiques caractérisant la propagation de la vague correspondante. Les valeurs de la modélisation ont été majorées conformément aux pratiques habituelles afin de compenser les incertitudes de calculs.



Les données déduites de cette modélisation sont :

- l'emprise de la zone inondée,
- les hauteurs d'eau,
- les vitesses d'écoulement,
- les temps d'arrivée d'onde.



**Figure 6 : Emprise de l'onde de rupture du barrage du CHARTRAIN (source calculs ISL)**

La carte ci-dessus au format A3 est reproduite au chapitre 10.

Conformément à la réglementation, la modélisation a été conduite jusqu'à ce que le débit de la crue décennale du cours d'eau soit supérieur à celui de l'onde de rupture.

A la confluence de la Loire (à Roanne) et du Rенаison<sup>7</sup>, ce dernier a un débit décennal de  $45 \text{ m}^3/\text{s}$  alors que le débit de pointe de l'onde de rupture est de  $1\,500 \text{ m}^3/\text{s}$ . C'est pourquoi la modélisation a été prolongée à l'aval de Roanne sur la Loire.

Le débit de la crue décennale de la Loire à Roanne est de  $1\,200 \text{ m}^3/\text{s}$  en considérant l'influence du barrage de Villerest, c'est pourquoi la modélisation s'arrête dès que le débit de pointe est inférieur à  $1\,200 \text{ m}^3/\text{s}$ <sup>8</sup>.

Sur le passage de l'onde de rupture, une partie des zones habitées de la vallée sont noyées.

Selon les calculs, l'onde de rupture arrive<sup>9</sup> en 5 minutes à Renaison, en 30 minutes à Riorgues, en 42 minutes à Roanne et en 1h11 minutes à la confluence.

<sup>7</sup> La vallée à l'aval du barrage du CHARTRAIN est un affluent du Rенаison.

<sup>8</sup> Soit au niveau du profil en travers PT20 où le débit est de  $1\,100 \text{ m}^3/\text{s}$  et que l'on nommera « confluence avec la Loire ».

<sup>9</sup> On considère l'entrée dans la commune sauf pour Renaison où c'est l'arrivée dans le bourg.

## 2 : Estimation du nombre de personnes exposées

L'estimation du nombre de personnes exposées a été réalisée en croisant l'emprise des zones inondées et les cartes SCAN 25 où le bâti est représenté. L'estimation du nombre de personnes a fait l'objet d'un comptage théorique par ISL et d'une estimation par un sondage des mairies concernées par l'onde, sondage mis en place par RDE. Les deux estimations mènent aux mêmes résultats en termes de classification<sup>10</sup>.

En cas de rupture du barrage, les conséquences sont particulièrement lourdes. La proximité de la ville de Roanne présente un réel danger avec un délai de submersion de 42 minutes.

On dénombre plus de 57 000 personnes dans les communes touchées et environ 5 000 personnes dans la zone potentiellement inondée.

L'intervention des secours ne devrait pas être perturbée au niveau des grands axes de communication car la N7 et la voie ferrée qui traversent Roanne ne sont pas submergées. Par contre, la caserne des pompiers de Roanne est sous la vague.

## 3 : La gravité des conséquences

Elle a été quantifiée selon une échelle réglementaire à 5 niveaux allant de 5 « Désastreux » à 0 « Négligeable ». Cette échelle de gravité intègre la notion de cinétique d'alerte d'arrivée du front d'onde. Trois classes ont été définies :

- **cinétique très rapide** : l'onde arrive en moins de 15 minutes après l'annonce de la rupture,
- **cinétique rapide** : l'onde arrive entre 15 minutes et 1h30 après l'annonce de la rupture,
- **cinétique lente** : l'onde arrive plus d'1h30 après l'annonce de la rupture.

Plusieurs scénarios d'alerte ont été considérés :

- alerte 1h ou 2h avant la rupture,
- alerte au moment de la rupture,
- alerte 1h après la rupture.

Dans le cas de cette EDD, toutes les situations d'alerte amènent à classer la rupture du barrage avec la gravité « Désastreux » (note 5) sauf si l'alerte est donnée au moins 2h avant, ce qui ramène la gravité à « Catastrophique » (note 4).

La gravité au sens réglementaire se base sur le nombre de personnes exposées (dégâts matériels et humains) et non sur le nombre de victimes.

Une étude particulière sur le nombre de victimes en fonction des scénarios d'alerte a été réalisée. Une alerte des populations 1 heure après la rupture du barrage ne permet pas de diminuer le nombre de victimes : en effet, il est déjà trop tard vu que l'onde arrive seulement en 1h11 à la confluence. Une alerte des populations au moment de la rupture permet de diviser par dix le nombre de victimes. Une alerte des populations 2 heures avant la rupture du barrage permet de diminuer de 99,9 % le nombre de victimes.

<sup>10</sup> Sans tenir compte de Roanne et Saint-André d'Apchon qui n'ont pas fournis leur estimation en termes de population. Par contre, Roanne a fourni une liste et une cartographie des infrastructures impactées à l'aval que l'on retrouve à l'annexe 7.

## 0.7 LE BILAN DE L'ANALYSE DES RISQUES

L'EDD du barrage du CHARTRAIN a examiné l'ensemble des scénarios pouvant conduire aux potentiels de dangers détectés et a examiné pour chaque potentiel la gravité des conséquences.

Le risque est estimé de manière réglementaire comme le croisement de la probabilité annuelle d'occurrence du potentiel de dangers (note P) et des conséquences de celui-ci (note G). Le risque se mesure ainsi sur une échelle allant de -1 à 10 puisqu'il est calculé selon la formule :  $R = G + P$ .

Dans le cadre de cette EDD, le barrage du CHARTRAIN est associé à un risque de 4 à 5. La note de risque est fortement influencée par la note de gravité.

Suivant les pratiques internationales, on considère :

- un risque 4 comme acceptable,
- un risque 5 comme tolérable,
- le risque 6 : l'expertise française n'a pas encore trouvé de consensus. C'est au maître d'ouvrage de considérer ce risque comme tolérable ou inacceptable ;
- un risque 7 comme inacceptable.

On a la synthèse suivante :

Potentiel de danger	Classe de probabilité	Classe de gravité	Classe de risque (criticité)
<i>Rupture totale du barrage</i>	0	4	4
		à	à
		5	5

**Figure 7 : Synthèse de la criticité au barrage du CHARTRAIN (source ISL)**

Le barrage du CHARTRAIN est raisonnablement sûr, si on le compare aux autres ouvrages de sa catégorie (Classe A) avec sa note de probabilité<sup>11</sup> de rupture 0 (possible mais extrêmement peu probable). Cependant, une éventuelle rupture aurait des conséquences très sévères en regard de sa note de gravité 5. Cette situation de forts enjeux à l'aval justifie que des mesures de réduction de la classe de gravité soient engagées, de sorte à « gagner une classe de gravité ». Par ailleurs, des mesures de réduction de la classe de probabilité sont proposées pour rendre le barrage encore plus sûr et amener à une classe de risque entre 3 et 4.

<sup>11</sup> voir paragraphe 8.1.4

## 0.8 LES MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

Le maître d'ouvrage propose de réaliser et de commanditer dans des délais fixés, plusieurs mesures de réduction des risques ainsi qu'une étude complémentaire.

Amélioration du suivi d'auscultation du barrage	
Echéance	Mesure
2015	Installations de pendules automatisés
2015	Suivi par débitmètre automatisé des débits de percolation
2015	Mise en place de la gestion de crise en situation post-sismique
Réduction de la classe de probabilité	
Echéance	Mesure
2013	Application stricte et amélioration des consignes (de surveillance, de crue, d'exploitation et de maintenance)
2018	Mise en place d'un drainage des rives gauche et droite
2014	Vérification/validation des hypothèses de stabilité
Réduction de la classe de gravité	
Echéance	Mesure
2015	Plan d'alerte et de mobilisation
2015	Sensibilisation des populations au risque de rupture
2015	Mise en place de la gestion de crise en situation post-sismique

**Tableau 1 : Récapitulatif des mesures de maîtrise des risques du barrage du CHARTRAIN**

Ces mesures sont développées en détail au chapitre 9 de cette étude de dangers. En les combinant, elles permettent de fiabiliser les conclusions de cette étude et d'améliorer sensiblement la sécurité de l'ouvrage et de diminuer le risque dans le cas extrêmement peu probable d'une rupture.