

0 RESUME NON TECHNIQUE DE L'EDD DU BARRAGE DU ROUCHAIN

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 ROUCHAIN 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 ROUCHAIN, implanté sur la rivière « Le Rouchain » à la confluence avec « L'Avoine », est situé sur les communes de Renaison et Les Noës, à 17 km de la ville de Roanne (propriétaire du barrage), dans le département de la Loire (42).

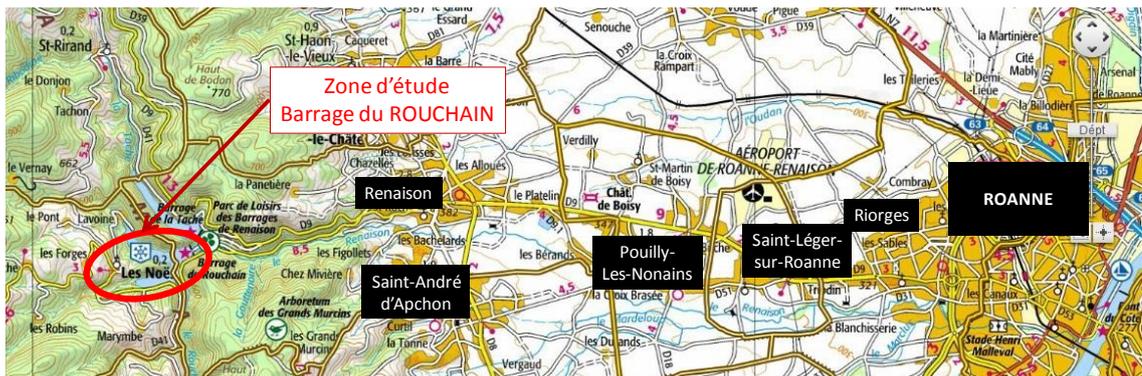


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (source Géoportail + infographie ISL)



Figure 2 : Zone du barrage du ROUCHAIN (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 de Roanne.

RDE a été autorisée à poursuivre l'exploitation du barrage par arrêté préfectoral du 31 août 2009 (Source 18). Le dernier arrêté date du 2 août 2012 et autorise l'installation d'une micro-centrale hydroélectrique pour turbiner le débit réservé¹. 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).

¹ A la date de cette EDD, l'équipement n'a pas encore été installé.

0.3 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Le barrage du ROUCHAIN² a été construit de 1973 à 1976, et mis en service le 20 septembre 1976 ; 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 ROUCHAIN est un ouvrage de conception récente en regard de sa date de construction. Les études ont été menées par le Services des Ponts et Chaussées et soumises pour avis au Comité Technique Permanent des Barrages.



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



Figure 4 : Photo du barrage du ROUCHAIN depuis le pied aval (source ISL)

² les informations sont extraites de la Source 1.

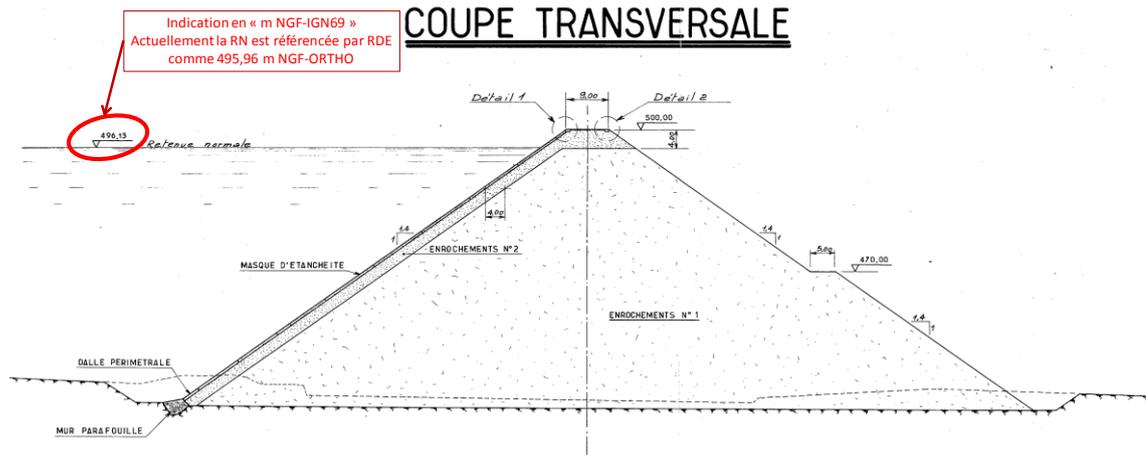


Figure 5 : Plan d'exécution de la coupe transversale du barrage du ROUCHAIN (source dossier d'ouvrage+infographie ISL)

Le barrage : il s'agit d'un barrage-poids en enrochements à masque amont étanche, d'une hauteur maximale de 55 m (au dessus du terrain naturel) et dont la longueur en crête est de 255 m. Le barrage crée une retenue artificielle de 6,98 Hm³ à l'altitude de retenue normale 495,96 m NGF-ORTHO; il est régulièrement surveillé par l'exploitant, ausculté et contrôlé.

L'évacuateur de crues : C'est un déversoir en corolle pentalobé (dit « évacuateur en corolle de tulipe ») 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 dix mille de survenir chaque année (soit une période de retour de 10 000 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.

L'accès au barrage : pour la crête, il s'effectue par la rive droite en empruntant la route départementale D47. Pour la chambre des vannes, il s'effectue par la vallée du Rensaison.

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 495,96 m NGF-ORTHO, la surface de la retenue est de 381 500 m² et s'étend en plusieurs branches sur près de 2,5 km.

La retenue est alimentée par un bassin versant de 33 km².

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 ROUCHAIN, par arrêté préfectoral de

déclaration d'utilité publique N°2004-210 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 ROUCHAIN.

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 CHARTRAIN à proximité immédiate du barrage du ROUCHAIN.

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

L'exploitation du barrage du ROUCHAIN 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, ainsi que les dispositifs de mesures, font l'objet d'essais périodiques (une 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 danger³ et de campagnes régulières pour sensibiliser le public (DICRIM⁴).

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 ROUCHAIN 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.

³ Ils sont placés tout le long du Renaison jusqu'à Roanne et indiquent le risque de montée brutale des eaux.

⁴ 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 ROUCHAIN, 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 phénomènes suivants :

- (1) la rupture du barrage,
- (2) un phénomène gravitaire rapide affectant la retenue,
- (3) la rupture de la tour de l'évacuateur,
- (4) l'effacement de la vanne de vidange (rupture ou ouverture intempestive),
- (5) la rupture de la conduite de prise d'eau brute.

Dans le cadre de cette EDD, il a été mis en avant que seuls les phénomènes (1), (2) ; (3) et (4) sont à considérer pour le barrage du ROUCHAIN.

La rupture de la conduite de prise d'eau brute, soit $Q=8 \text{ m}^3/\text{s}$, ne conduit pas à une libération d'eau supérieure au débit décennal du cours d'eau qui est de $25 \text{ m}^3/\text{s}$. 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. Néanmoins, ce débit n'est pas négligeable et une signalisation adaptée est en place tout le long du Renaison.

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 1er 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 ROUCHAIN :

- SCENARIO 1A : La rupture du barrage par surverse,
- SCENARIO 1B : La rupture du barrage par renard,
- SCENARIO 1C : La rupture du barrage par affouillement en pied aval,
- SCENARIO 2 : La rupture de la tour de l'évacuateur,
- SCENARIO 3 : L'effacement de la vanne de vidange.

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 les trois types de libération d'eau retenus.

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.

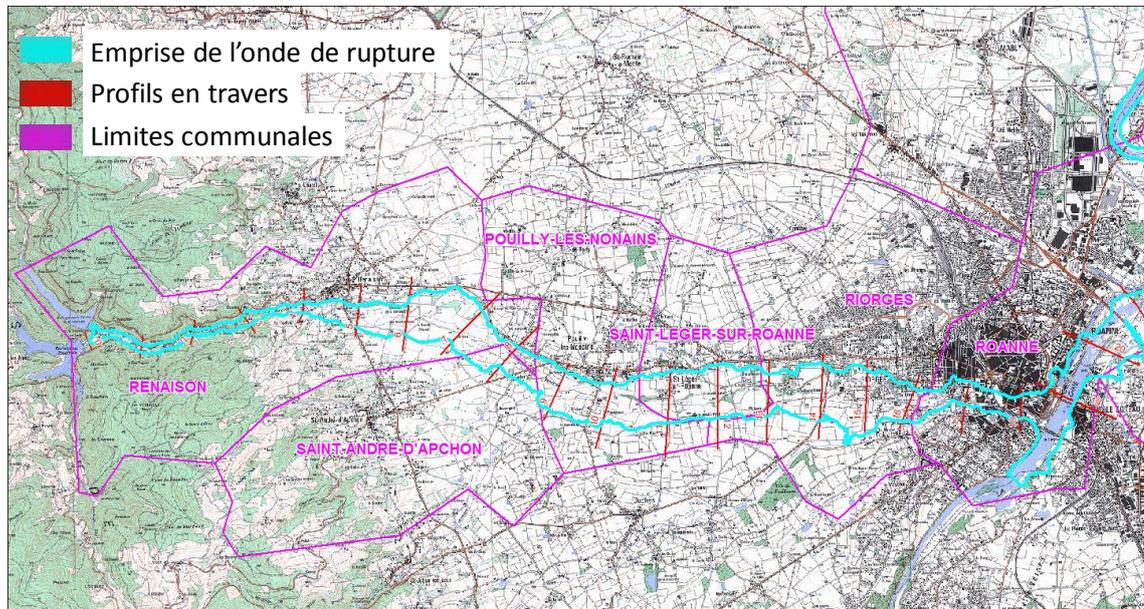


Figure 6 : Emprise de l'onde de rupture du barrage du ROUCHAIN (source ISL)

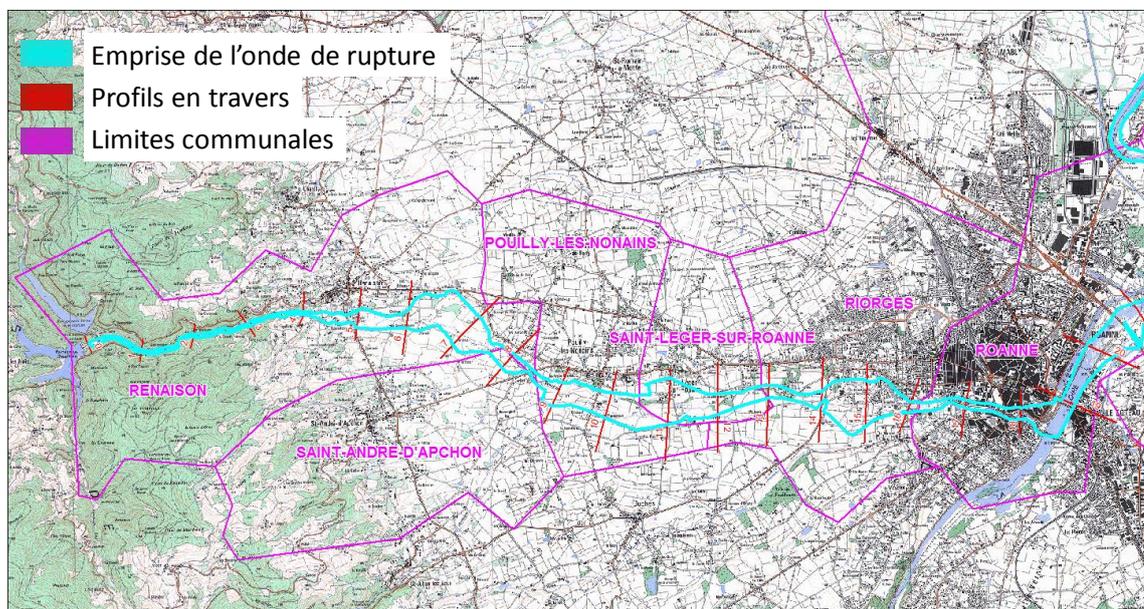


Figure 7 : Emprise de l'onde de rupture de la tour de l'évacuateur du barrage du ROUCHAIN (source ISL)

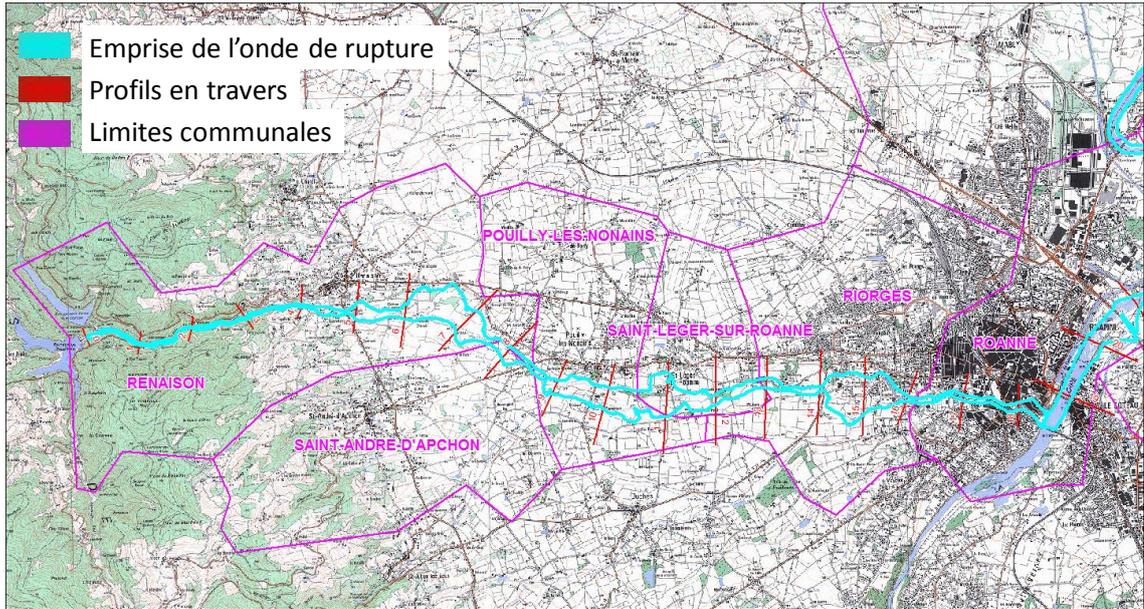


Figure 8 : Emprise de l'onde de rupture pour l'effacement de la vanne de vidange du barrage du ROUCHAIN (source ISL)

Les cartes ci-dessus sont reproduites au format A3 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 Rенаison⁵, ce dernier a un débit décennal de 45 m³/s alors que le débit de pointe de l'onde de rupture varie selon le cas de 48 m³/s à 3 010 m³/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 m³/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 m³/s. Le profil en travers correspondant sera nommé « confluence avec la Loire », soit pour chaque situation :

Potentiel de danger	PT	Débit
Rupture du barrage	22	1180
Rupture de la tour de l'évacuateur	18	116
Effacement de la vanne de vidange	18	46

Figure 9 : PT retenus pour la confluence avec la Loire pour chaque cas de libération d'eau au barrage du ROUCHAIN (source ISL)

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

Sur le passage de l'onde de rupture, une partie des zones habitées de Rенаison et de Roanne sont noyées.

⁵ La vallée à l'aval du barrage du ROUCHAIN est un affluent du Rенаison.

Selon les calculs, les temps d'arrivée⁶ principaux pour chaque onde de rupture sont :

Potentiel de danger	Renaison	Roanne	Confluence
Rupture du barrage	0 h 19 min	0 h 59 min	1 h 32 min
Rupture de la tour de l'évacuateur	0 h 24 min	2 h 35 min	2 h 59 min
Effacement de la vanne de vidange	0 h 30 min	3 h 6 min	3 h 32 min

Figure 10 : Temps d'arrivée principaux pour chaque cas de libération d'eau au barrage du ROUCHAIN (source ISL)

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.

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 59 minutes pour la libération d'eau la plus importante (rupture du barrage).

On dénombre plus de 57 000 personnes dans les communes touchées et entre 2 000 et 6 500 personnes dans la zone potentiellement inondée selon le cas.

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 dans tous les cas.

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.

⁶ On considère l'entrée dans la commune sauf pour Renaison où c'est l'arrivée dans le bourg.

Dans le cas de cette EDD, la gravité pour chaque cas en fonction du scénario d'alerte est récapitulée dans le tableau suivant :

Potentiel de danger	H-2	H-1	H-0	H+1	Pas d'alerte
Rupture du barrage	4	4	5	5	5
Rupture de la tour de l'évacuateur	4	4	4	4	5
Effacement de la vanne de vidange	4	4	4	4	5

Figure 11 : Synthèse des gravités pour chaque cas de libération d'eau au barrage du ROUCHAIN (source ISL)

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.

Potentiel de danger	H-2	H-1	H-0	H+1	Pas d'alerte
Rupture du barrage	2	28	194	3 251	3 251
Rupture de la tour de l'évacuateur	1	15	16	97	1 556
Effacement de la vanne de vidange	1	12	14	78	1 080

Figure 12 : Synthèse du nombre de victimes pour chaque cas de libération d'eau au barrage du ROUCHAIN (source ISL)

Pour la rupture du barrage, une alerte des populations 1h après la survenance de l'évènement ne permet pas de diminuer le nombre de victimes : en effet, il est déjà trop tard vu que l'onde arrive seulement en 1h32 à la confluence. Une alerte des populations au moment de la rupture permet de diviser par quinze le nombre de victimes. Une alerte des populations 2h avant la rupture du barrage permet de diminuer de 99,9 % le nombre de victimes.

Les deux autres cas de libération induisent une onde plus lente, ce qui laisse au moins 1h supplémentaire pour alerter les populations.

0.7 LE BILAN DE L'ANALYSE DES RISQUES

L'EDD du barrage du ROUCHAIN 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 ROUCHAIN est associé à un risque de 5 à 6. 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.

En regard de chaque potentiel de danger, on a la synthèse suivante :

Potentiel de danger	Classe de probabilité	Classe de gravité	Classe de risque (criticité)
RUPTURE DU BARRAGE	1	4	5
		à	à
RUPTURE DE LA TOUR DE L'EVACUATEUR	2	5	6
		4	6
EFFACEMENT DE LA VANNE DE VIDANGE	1	4	5

Figure 13 : Synthèse de la criticité pour chaque cas de libération d'eau au barrage du ROUCHAIN (source ISL)

Pour la rupture du barrage, si on exclut le risque de glissement dans la retenue (seule branche qui pénalise ce scénario avec sa note de probabilité 1), le barrage du ROUCHAIN serait raisonnablement sûr, si on le compare aux autres ouvrages de sa catégorie (Classe A) avec sa note de probabilité⁷ de rupture ramenée à 0 (possible mais extrêmement peu probable). Dans tous les cas, une éventuelle rupture du barrage aurait des conséquences très sévères en regard de sa note de gravité 5.

Par ailleurs, en ce qui concerne les ouvrages annexes comme la tour de l'évacuateur et la vanne de vidange, leur note de probabilité est respectivement de 2 (improbable) et 1 (très improbable) avec une note de gravité estimée à 4, ce qui aboutit à une note de criticité entre 5 et 6 en cas de défaillance.

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 et ses ouvrages annexes encore plus sûrs.

⁷ 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 et plusieurs études complémentaires.

Amélioration du suivi du barrage	
Echéance	Mesure
2015	Installations d'inclinomètres automatisés sur la tour de l'évacuateur
2015	Mise en place de la gestion de crise en situation post-sismique
Réduction de la classe de probabilité	
Echéance	Mesure
2013	Investigations au droit du rocher du Châtelard
2013	Application stricte et amélioration des consignes (de surveillance, de crue, d'exploitation et de maintenance)
2014	Etude détaillée de la stabilité de la tour de l'évacuateur
2015	Sécurisation de la vanne de vidange de fond
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 pour le barrage du ROUCHAIN

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.