

n° 006686-01

janvier 2010

Ruines de Séchilienne : mesures à prendre face aux risques

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergie et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**



*Conseil Général de l'Environnement
et du Développement Durable*

Ruines de Séchilienne : mesures à prendre face aux risques



Rapport présenté par
Jean-Louis DURVILLE, Pierre GARNIER et Jean-Louis PICQUAND



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER,
en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat

**Conseil général de l'Environnement
et du Développement durable**

Le Vice-Président

**Rapport CGEDD n°006686-01 : Ruines de Séchilienne :
mesures à prendre face aux risques**

La Défense, le 7 JAN. 2010

Note

pour

Monsieur le Ministre d'Etat,
Ministre de l'Écologie, de l'Énergie,
du Développement durable et de la Mer,
en charge des Technologies vertes
et des Négociations sur le climat

A l'attention de
Monsieur le Directeur du Cabinet

Comme suite à votre demande formulée par lettre du 20 avril 2009, j'ai l'honneur de vous adresser le rapport relatif aux dispositions à mettre en œuvre afin de remédier aux risques engendrés par les éboulements rocheux sur le site des « Ruines de Séchilienne », présenté par Jean-Louis DURVILLE, Pierre GARNIER et Jean-Louis PICQUAND, membres du Conseil général de l'environnement et du développement durable.

Après avoir rappelé la problématique des risques résultant de la situation de ces ruines ainsi que l'analyse et les préconisations qui en avaient été faites dans le précédent rapport de l'Inspection Générale de l'Environnement et du GCPC, communément désigné « rapport HUET », les membres de la mission ont examiné les études faites depuis par le CETE de Lyon et par le groupe d'experts présidé par Marc PANET dans le domaine de la géologie et de la géotechnique ainsi que les études et expérimentations faites sous l'égide du Syndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère (SYMBHI) dans le domaine hydraulique et hydrologique et ceci avec le concours de trois experts de l'administration sollicités à cet effet.

Par ailleurs ils ont rencontré un certain nombre d'élus et de membres du milieu associatif dont la liste avait été arrêtée en accord avec le Préfet de l'Isère et le Directeur Départemental de l'Équipement

Ils se sont attachés à construire leur propre conviction sur l'analyse des risques et la définition des parades qui leur paraissaient adaptées, indépendamment des organismes actuellement en charge de ces problèmes mais en ayant bien entendu pris connaissance de l'ensemble des éléments, avis et rapports d'expertise disponibles.

... / ...

**Présent
pour
l'avenir**

Cette démarche les conduit à formuler les propositions suivantes:

- réaliser la déviation de la RD 1091 (ex RN91) au droit des Ruines de Séchilienne,
- prendre en compte dans les études du plan de prévention du risque inondation (PPRI) un sur-débit de 50 m³/s pour intégrer les conséquences éventuelles d'un éboulement en une seule phase du secteur central des Ruines,
- poursuivre les campagnes d'observations du massif des Ruines de Séchilienne,
- engager des observations sur l'hydrologie des différents bassins versants alimentant la Manche.

Le présent rapport me paraît communicable aux termes de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 modifiée et sa publication par voie électronique sur le site internet du ministère interviendra, sauf objection motivée de votre part, dans un délai de deux mois à compter de la présente diffusion.



Claude MARTINAND



Diffusion du rapport n° 006686-01

- le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer	1 ex
- le directeur du Cabinet	2 ex
- la secrétaire d'Etat chargée de l'écologie	1 ex
- la directrice du Cabinet	2 ex
- le directeur général des infrastructures, des transports et de la mer	1 ex
- le directeur des infrastructures de transport	1 ex
- le directeur général de l'aménagement, du logement et de la nature	1 ex
- le directeur de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages	1 ex
- la directrice de l'eau et de la biodiversité	1 ex
- le directeur général de la prévention des risques	1 ex
- le vice-président du CGEDD	1 ex
- la présidente et les présidents de section du CGEDD	7 ex
- le secrétaire général adjoint du CGEDD	1 ex
- le secrétaire de la 4ème section du CGEDD	1 ex
- le président de la commission permanente des ressources naturelles (CPRN)	1 ex
- le président de l'autorité environnementale (AE)	1 ex
- le conseiller à la vice-présidence	1 ex
- le coordonnateur de la MIGT 6	1 ex
- MM. DURVILLE, GARNIER, PICQUAND	3 ex
- archives CGEDD	1 ex

SOMMAIRE

I. Résumé des principales conclusions de la mission.....	4
II. Présentation du contexte des ruines de Séchilienne.....	5
III. Organisation et déroulement de la mission.....	7
IV. Rappel des conclusions du rapport « HUET ».....	7
V. nouvelles études 2005 – 2009.....	9
1. nouvelle appréciation de l'aléa géologique.....	10
2. les études hydrauliques.....	12
3. les parades étudiées par le SYMBHI.....	17
VI. Avis des personnes du monde politique et associatif rencontrées.....	18
VII. Avis de la mission et propositions d'actions.....	19
1. marges de sécurité prises sur l'ensemble des études.....	19
2. appréciation de l'aléa géologique.....	22
3. évaluation du risque hydraulique.....	23
4. propositions d'actions.....	26

ANNEXES

• Annexe 1: lettre de mission.....	29
• Annexe 2 : liste des personnes rencontrées.....	32
• Annexe 3: rapport des experts.....	34
• Annexe 4: essais CNR sur modèle réduit – test n°13 crue centennale.....	38
• Annexe 5 principaux documents consultés.....	40

I) Résumé des principales conclusions de la mission

Après avoir rappelé les conclusions du rapport « HUET » ainsi que les hypothèses qui les sous-tendaient, les membres de la mission ont examiné en détail les diverses études engagées depuis la remise du dit rapport. S'appuyant sur l'avis des experts hydrauliciens qu'ils ont mandatés, les membres de la mission ont procédé à leur propre analyse du phénomène et des risques encourus par les populations concernées.

De cette analyse ils tirent les conclusions suivantes:

- en ce qui concerne l'aléa géologique, il convient de prendre en compte l'éboulement de la zone frontale, seul événement à redouter au cours des 10 à 20 prochaines années. Bien qu'il soit fort peu probable que cet éboulement se produise sous une forme « monphasée » (éboulement de la totalité de la masse en un seul épisode), c'est cette dernière hypothèse qui, par mesure de sécurité, doit être prise en compte. Elle peut conduire à la création d'un barrage naturel de faible hauteur (6 m, à la cote 336) ;
- en ce qui concerne l'évolution du massif à plus lointaine échéance (moyen et long terme), les observations de terrain laissent prévoir une éventuelle poursuite de dégradation progressive du versant, mobilisant un volume voisin de celui de la zone frontale actuelle, sans augmentation significative de la cote du barrage ;
- l'existence du barrage naturel, en fond de vallée, accroît momentanément, lors de la surverse, les effets des crues de la Romanche d'un faible sur-débit que l'on peut prendre égal à 50 m³/s, et ce quelle que soit l'importance de la crue ;
- en ce qui concerne l'événement représenté par un éboulement monphasé de 3 Mm³ se produisant au moment même du pic de crue centennale, les membres de la mission constatent que ses effets en aval du barrage sont équivalents à ceux d'une crue cinq-centennale, prise aujourd'hui comme référence dans le projet de PPRI comme crue de danger, et ce avec une probabilité nettement plus faible. Les mesures de protection envisagées actuellement pour le PPRI paraissent donc couvrir ce risque.

Au vu de ces analyses, ils formulent les propositions suivantes:

- réaliser la déviation de la RD 1091 (ex RN91) au droit des Ruines de Séchilienne selon le planning actuellement affiché par le Conseil général de l'Isère (achèvement en 2012), complété par des mesures simples d'exploitation de l'actuelle RD pour le court terme ;
- prendre en compte dans les études du PPRI un sur-débit de 50 m³/s pour intégrer les conséquences éventuelles d'un éboulement monphasé du secteur central des Ruines ;
- poursuivre les campagnes d'observations et la surveillance du massif des Ruines de Séchilienne,
- engager des observations sur l'hydrologie et l'hydraulique des différents bassins versants alimentant la Romanche ; en particulier, profiter de chaque crue significative pour améliorer le calage du modèle hydraulique de la plaine de Bourg d'Oisans.

La réalisation d'une galerie de dérivation de la Romanche n'apparaît pas nécessaire aujourd'hui ; cette position pourrait éventuellement être révisée à long terme.



Vue prise depuis le sommet des Ruines.

On distingue (de haut en bas) le tracé actuel de la route, la Romanche et le tracé de l'ancienne route au pied des Ruines

II) Présentation du contexte des Ruines de Séchilienne

Suite à des chutes de rochers survenues voici plus de 20 ans sur l'ancienne RN 91, le site des Ruines de Séchilienne, dans la vallée de la Romanche, a retenu, depuis cette période, l'attention des services de l'État et des Collectivités territoriales. Des effondrements rocheux de plus ou moins grande ampleur ont été pronostiqués à court et long terme, avec formation possible d'un barrage dans le fond de la vallée de la Romanche.

Rencontrant un tel barrage naturel, les eaux de la Romanche créeraient en peu de temps une retenue d'eau provisoire susceptible de se vider en des délais brefs sous l'effet d'une crue de la Romanche, causant à l'aval des débordements catastrophiques.

De tels scénarios pourraient avoir alors des effets très défavorables, voire dramatiques, tant sur la RN 91, et donc indirectement sur toutes les activités économiques qu'elle dessert en amont du site de Séchilienne, que sur les espaces urbanisés ou industrialisés situés en aval (Vizille, voire Jarrie), en n'excluant pas de potentielles victimes.

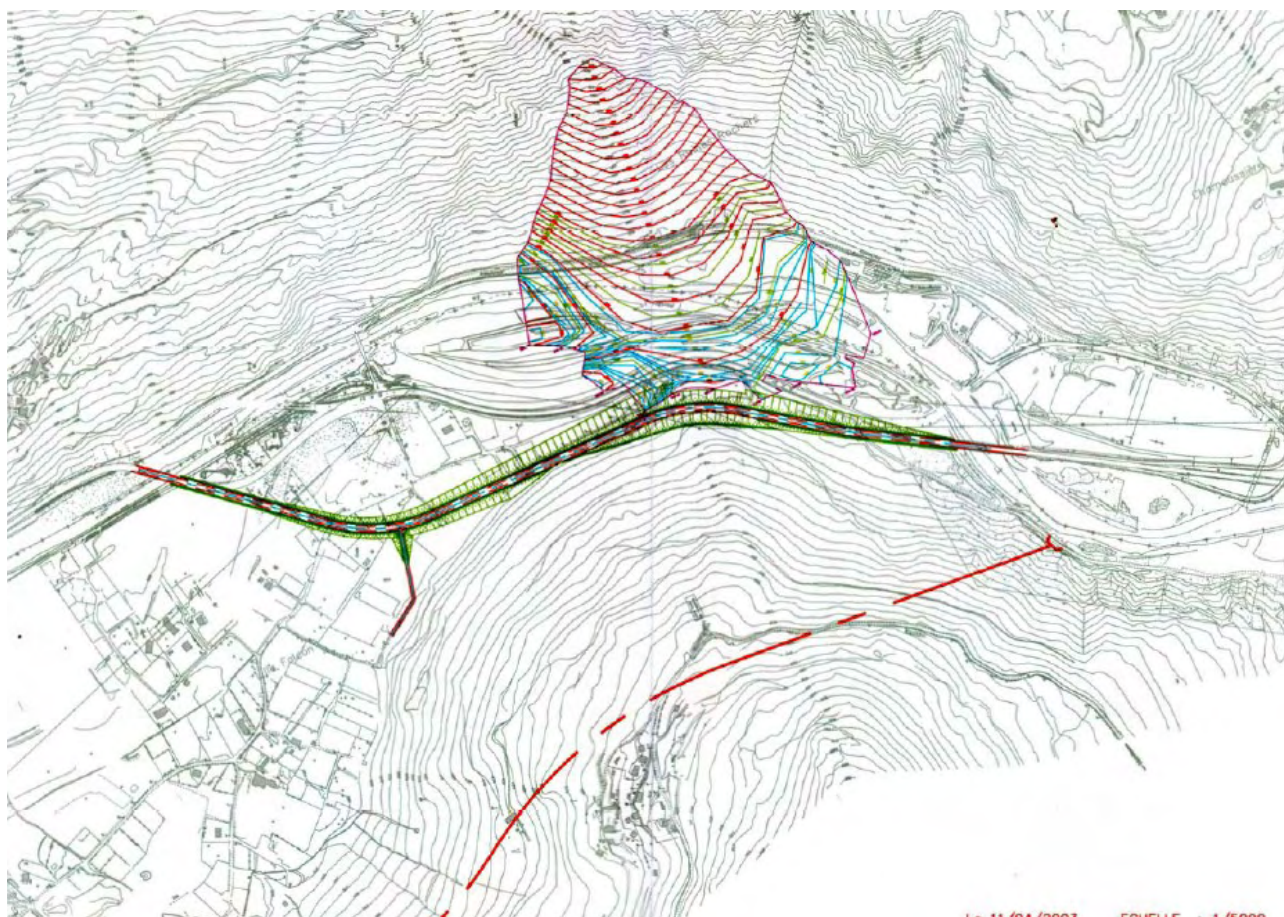
Depuis les années quatre-vingts, le site fait l'objet d'un suivi permanent assuré par le CETE de Lyon, et a donné lieu à divers rapports et missions d'expertise.

Le 3 mai 2004, le ministre de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer a confié au Conseil général des Ponts et Chaussées et à l'Inspection générale de l'Environnement une mission conjointe portant sur le site des Ruines de Séchilienne. Cette mission avait pour objectif de « proposer des stratégies d'intervention à moyen et long terme et définir à cet effet les études à entreprendre pour préciser les risques et les parades techniques ».

Cette mission, confiée à MM. DURVILLE et MADIER de CHAMPVERMEIL du CGPC, et HUET et BADRE, de l'IGE, s'est conclue par un rapport en date du 8 mars 2005 dont les principaux éléments sont rappelés plus loin.

Depuis cette mission de 2004/2005, de nouvelles études ont été produites et les observations du site se sont poursuivies et même intensifiées, apportant des éclairages nouveaux et plus précis sur le problème posé.

De ce fait, le ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, a confié au Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) une mission visant à actualiser, voire modifier les conclusions de la précédente mission du fait des nouvelles informations aujourd'hui disponibles.



Plan général du site des Ruines de Séchilienne avec tracé du projet de la déviation routière et de l'emprise d'un éboulement monphasé de 3 Mm³

III) Organisation et déroulement de la mission

A la réception de la lettre de mission, la première démarche a porté sur le recensement des principaux résultats des études et des documents disponibles, tant sur le plan géologique que dans les domaines hydrologique et hydraulique.

Au vu de la problématique et compte tenu de l'expérience et des compétences de chacun, les membres de la mission ont considéré qu'il était souhaitable de s'adjoindre le concours d'experts reconnus dans le domaine de l'hydraulique. C'est ainsi que trois experts, Bernard CHASTAN du CEMAGREF (ministère de l'agriculture et de la pêche), Jean-Michel TANGUY (CGDD/DRI) et Philippe SERGENT du CETMEF (ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer) ont été sollicités ; la note qu'ils ont fournie est jointe en annexe.

Un premier rendez-vous sur site et avec la DDE a été organisé avant la fin du mois de mai, à l'issue duquel les membres de la mission ont décidé d'organiser celle-ci en 2 parties:

- une partie « technique » consistant à examiner les dossiers et à recueillir l'avis du maître d'ouvrage des études (le syndicat mixte des bassins hydrauliques de l'Isère – SYMBHI) et de certains de ses prestataires (Hydrétudes, Compagnie Nationale du Rhône, Sogreah), de Marc PANET (Président du collège d'experts des Ruines de Séchilienne), du CETE de Lyon et des experts hydrauliciens associés,
- une partie plus « politique » consistant à recueillir l'avis des acteurs des milieux politiques et associatifs intéressés dont la liste avait été arrêtée en accord avec le Préfet de l'Isère et le Directeur Départemental de l'Équipement.

Au cours des examens et entretiens techniques, les membres de la mission ont pu constater que les observations et études faites depuis la publication du rapport « HUET » (publié en mars 2005) atténuaient fortement les hypothèses pessimistes qui sous-tendaient ledit rapport et qu'ainsi les parades à mettre en œuvre devaient faire l'objet d'une nouvelle approche.

Le présent rapport comprend donc :

- un rappel des principales conclusions de la mission HUET de 2004/2005
- une analyse des études produites depuis 2005, portant tant sur l'aléa géologique que sur les aspects hydrauliques de la problématique
- une analyse des parades envisagées
- une synthèse des avis recueillis auprès des acteurs locaux
- une proposition de stratégie pour le court terme et pour le long terme.

IV) Rappel des conclusions du rapport « HUET »

La mission Huet a tout d'abord proposé qu'une déviation de la RD 1091 (ex RN 91) soit construite en dehors de la zone menacée, afin de garantir l'accessibilité à la haute vallée en cas de survenance d'un éboulement. La mission recommandait aussi qu'un maître d'ouvrage soit désigné pour l'ensemble des études, ce qui a été fait puisque le SYMBHI a pris en main la problématique de Séchilienne.

D'autre part, elle proposait de réaliser, d'un côté, des travaux hydrauliques en aval du site de Séchilienne pour protéger les zones concernées vis-à-vis d'une onde de crue résultant d'une rupture

du barrage naturel que créerait l'éboulement, de l'autre une galerie évitant le remplissage de la retenue. Ces travaux ne devaient être décidés, selon la mission, que sous condition de désignation d'un maître d'ouvrage, d'une part, et de réalisation d'études complémentaires, portant sur la galerie, d'autre part. La mission estimait ensuite que la décision de construction de la galerie s'imposait, sauf si « un nouvel avis écrit du collège d'experts sur le risque géologique apportait une sécurité suffisante quant à la stabilité du versant pendant les quelques années nécessaires aux travaux, après l'éboulement dit de court terme ».

Ces conclusions s'appuyaient sur diverses études mises à disposition de la mission ou produites par un groupe d'experts *ad hoc*, ainsi que sur certaines hypothèses que ses membres ont arrêtées de leur propre initiative. Ces éléments sont rappelés ci-après.

a) Aléa géologique

En premier lieu, le groupe d'experts présidé par M. PANET, qui animait le groupe précédent d'experts internationaux, avait remis un rapport en décembre 2003. Ce groupe concluait que le scénario d'éboulement à court terme concernait un volume¹ d'environ 3 Mm³ de roches, et serait plutôt polyphasé que monphasé. Il retenait malgré tout 4 scénarios plausibles pour le court terme, aux conséquences différentes sur les infrastructures de fond de vallée et sur le cours de la Romanche : éboulement de 1 Mm³ ; éboulement de 2 Mm³ monphasé ; éboulement de 3 Mm³ polyphasé ; éboulement de 3 Mm³ monphasé. Seul ce dernier scénario conduirait à une retenue d'eau, à la cote de 336 m (cote de 338 m retenue par la mission Huet).

Le rapport du groupe d'experts internationaux du 4 décembre 2000 évoquait de façon très sommaire un scénario à moyen et long terme prenant en compte d'autres éboulements de plusieurs millions de mètres cubes, des éboulements de plusieurs dizaines de Mm³ étant en revanche peu probables.

Le groupe Huet, dans son analyse de 2004-2005, a retenu quant à lui quatre scénarios :

- un scénario de court terme avec éboulement de 3 Mm³ monphasé, créant un barrage à la cote 338,
- un scénario de long terme de 20 à 25 Mm³, monphasé, avec barrage à la cote 370,
- deux scénarios de moyen terme, arbitrairement calés sur des cotes de barrage à 350 et 360 m.

b) Données hydrauliques et hydrologiques

Le débit de la crue centennale de la Romanche à Séchilienne a été pris égal à 880 m³/s sur la base de données hydrologiques fournies par EdF. De plus, il a été pris en compte le fait que de forts épisodes pluvieux coïncidaient avec les crues de la Romanche. La mission HUET a rapproché ce second constat avec le fait que la pluie ou la fonte des neiges pouvaient être l'un des moteurs de l'effondrement. Elle en a déduit, s'appuyant sur un rapport d'EDF² comparant les précipitations à Séchilienne et dans le bassin amont de la Romanche, qu'une pluie provoquant une crue centennale de la Romanche déclencherait avec une très forte probabilité l'effondrement du massif, et qu'une crue d'intensité ou période de retour plus faible avait aussi une certaine probabilité de provoquer le même phénomène.

¹ Suivant les errements habituels, la notation « Mm³ » doit être lue comme « million de mètres cubes »

² Note technique « Ruines de Séchilienne – Concomitance crues de la Romanche – précipitations à Séchilienne » du 26 octobre 2004.

Dans ce scénario de concomitance crue/éboulement, la mission « HUET » a admis l'hypothèse que le barrage créé par l'éboulement se romprait systématiquement sous l'effet de la crue, par surverse et érosion, selon un processus très rapide (dans un délai de moins d'une heure, évaluation établie en l'absence de données disponibles) et provoquerait dès lors des dégâts sur toute la section aval, dégâts d'autant plus grands que la hauteur du barrage était importante.

c) Parades proposées par la mission HUET

La mission HUET, ne disposant que de très peu d'informations objectives sur l'hydrologie et l'hydraulique de l'ensemble du bassin versant de la Romanche, a pris dans son analyse toutes les hypothèses les plus pessimistes conduisant à des scénarios appelant des ouvrages de prévention à l'échelle des désordres qu'elle redoutait :

- probabilité importante d'un éboulement monphasé, et non pas polyphasé, ce qui conduit à la formation d'un barrage hydraulique dans la vallée,
- barrage à la cote 336-338 m à court terme et barrage à 350 m à moyen terme,
- probabilité non négligeable de concomitance d'une crue et d'un éboulement de grande ampleur,
- prise en compte d'une crue Q_{500}^3 à Q_{1000} ,
- rupture rapide ($\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ heure) du barrage sous l'effet de la crue.

Pour éviter le risque de rupture du barrage, le rapport Huet recommandait *in fine*, dans le cadre des hypothèses prises en compte :

- de réaliser rapidement une déviation routière sur le versant rive gauche de la Romanche,
- d'étudier des solutions de casiers hydrauliques dans la plaine de l'Ile-Falcon, ainsi qu'un renforcement des digues de Vizille, et de réaliser ces travaux,
- d'engager les études d'une galerie de dérivation pour la rivière et, à moins que l'avis sur le risque géologique n'évolue favorablement, de réaliser à la suite les travaux correspondants.

La mission proposait ainsi la construction à court terme d'une galerie de 11,2 m de diamètre, capable d'évacuer avec surface libre (donc sans mise en charge) la crue millénaire (évaluée à l'époque à $1360 \text{ m}^3/\text{s}$).

V) Nouvelles études 2005 – 2009

Créé le 26 mars 2004, le Syndicat mixte des bassins hydrauliques de l'Isère (SYMBHI) a lancé depuis 2005 un certain nombre d'études hydrauliques et hydrologiques dans le cadre de l'étude des plans de protection contre les risques d'inondation (PPRI) de la vallée de la Romanche (par ailleurs préparé par la DDE de l'Isère) et sur l'impact des crues de la Romanche sur l'éboulement potentiel de Séchilienne, tandis que le CETE de Lyon a poursuivi pendant la même période ses observations, mesures et investigations sur le versant des Ruines de Séchilienne. Le groupe d'experts présidé par Marc PANET s'est réuni régulièrement et a remis un nouveau rapport en janvier 2009, ainsi que divers rapports annuels intermédiaires.

Ce sont l'ensemble de ces études nouvelles et leurs conclusions qui vont être analysées dans le présent rapport pour préciser, conforter ou amender le rapport du groupe HUET de mars 2005.

³ Notation classique : Q_{100} désigne le débit d'une crue de période de retour 100 ans (crue centennale)

1) Nouvelle appréciation de l'aléa géologique

a) études et observations in situ

Depuis 2005, le CETE de Lyon a continué à instrumenter le site et à effectuer des mesures du comportement de l'ensemble du versant. Chaque année, il remet un rapport synthétisant ses observations. De son dernier rapport daté de juin 2009, analysant la période s'étendant du 1er avril 2008 au 31 mars 2009, on peut retenir les enseignements principaux suivants :

- les mouvements de la zone frontale se poursuivent avec de fortes vitesses en 2009, faisant suite à une période de fort apport hydrique,
- l'extension des désordres se développe vers l'ouest, mais dans une amplitude de déplacements au moins de dix fois inférieure à ceux constatés sur la zone frontale.

Il faut signaler qu'un éboulement d'environ 30 000 m³ s'est produit en novembre 2006 (granularité étendue, chutes s'étalant sur une heure), éboulement qu'a pu observer et filmer le CETE de Lyon qui était sur place, alerté par une accélération des déplacements de certains capteurs. Certains blocs isolés, de quelques mètres cubes, ont atteint en pied de versant l'ancienne RN 91 et le lit de la Romanche.

On peut aussi noter que, vu l'activité intense des déformations de la zone frontale, les cibles situées en parties médiane ou basse de la zone ont disparu et ne sont donc plus suivies. Il pourrait s'avérer utile d'effectuer malgré tout des observations de cette zone, par exemple avec le radar, en suivant des blocs particuliers (même si la précision des mesures obtenue est moins bonne qu'avec un système de cibles). Cela permettra de continuer à bien suivre le comportement de l'ensemble de la masse de la zone frontale et encore de mieux comprendre ses cinématiques générale et locale.

Enfin, suite à une demande de la part des membres de la mission, le CETE a fait une analyse particulière du champ des déplacements mesurés sur le secteur central de Séchilienne⁴. Il apparaît que le champ des déplacements mesurés sur les différents compartiments de la zone active ne traduit pas un mouvement de glissement en un bloc unique de ce massif rocheux instable ; même si c'est l'ensemble de la zone frontale qui est en mouvement vers le vide, dans un processus de basculement, celle-ci se déstructure progressivement, ce qui laisse augurer que les compartiments déstructurés basculeront les uns après les autres et non en un même mouvement simultané.

b) rapports du collège d'experts, présidé par Marc PANET

Ce collège a remis chaque année depuis 2003 un rapport. Le rapport daté de janvier 2009 propose les conclusions suivantes :

- le collège estime « *qu'il est (donc) possible de prévoir que la rupture dans le versant se développera de façon très peu brutale, par volumes élémentaires successifs, et que les mécanismes de rupture progressive sont certainement les plus plausibles.* »
- le collège confirme « *la possibilité à court terme et très court terme d'éboulements issus de la zone frontale, essentiellement sous la forme d'éboulements successifs (quelques dizaines à*

⁴ Note technique CETE69-NT-Séchilienne-091009 du 7 octobre 2009

quelques centaines de milliers de mètres cubes), plutôt que d'un événement unique et massif. Les éboulements partiels ne devraient pas former un véritable barrage du lit de la Romanche et ne devraient donc pas entraîner de risque hydraulique, à l'amont comme à l'aval. »

Vis-à-vis de l'ensemble de la zone frontale, le collège estime également que *« l'éboulement de la quasi-totalité de la zone frontale (environ 3 Mm³) en un seul événement, n'est pas considéré comme probable. La quasi totalité de la zone frontale pourrait être progressivement vidée d'ici 20 à 30 ans, voire plus. »*. Dans son rapport de septembre 2009, le collège « Panet » confirme que *« le risque à court terme se limite à l'éboulement de la zone frontale, dont le volume est estimé à 3 millions de m³. L'état des connaissances sur le site, résultant des investigations et mesures réalisées depuis vingt-cinq ans, conduit à prévoir que cette zone frontale subira plusieurs éboulements partiels successifs, pouvant atteindre chacun plusieurs centaines de milliers de m³, la probabilité d'un éboulement monphasé étant très faible »*. Ceci est d'ailleurs illustré par l'éboulement de novembre 2006 (seulement 30 000 m³ concernés).

– Quant au long terme, le collège avance l'idée que *« les scénarios ultérieurs les plus probables sont dans le prolongement de ce qui a été observé depuis 25 ans : ils pourraient impliquer plusieurs millions de m³ supplémentaires en épisodes successifs plus ou moins importants, séparés par des phases de maturation longue »* Et par ailleurs, *« il considère comme hautement improbable que des volumes significativement supérieurs (...) s'éboulent au cours des 50 prochaines années. »*

Au vu de ces dernières conclusions du groupe d'experts qui, rappelons-le, suit ce massif depuis de nombreuses années, on peut constater que les observations et les mesures *in situ* faites ces 5 dernières années ont conduit à réduire l'appréciation de l'aléa géologique dans d'importantes proportions.

c) propagation des éboulements dans la vallée

Dans son rapport de décembre 2003, le collège d'experts avait fait état des études ayant porté sur la propagation d'un éboulement de la zone centrale active de 3 Mm³. Les conclusions de cette étude étaient les suivantes :

« Un éboulement de 3 Mm³ (en place) en plusieurs phases, par exemple en 3 phases de l'ordre de 1 million de m³ chacune, recouvrirait le lit actuel de la Romanche, déborderait le merlon sur sa partie orientale, recouvrirait le chenal de dérivation sur une longueur de 200 m au maximum, atteindrait la RN 91 sur une longueur d'une centaine de mètres au maximum, sous une faible épaisseur d'éboulis (1 à 2 m) ou sous forme de nombreuses chutes de blocs. La RN 91 serait probablement aussi envahie par la Romanche. Les éboulis ne devraient pas atteindre, ou atteindraient de façon marginale, le pied du versant rive gauche de la vallée.

Un éboulement de 3 Mm³ (en place) en une seule fois recouvrirait le lit actuel de la Romanche, déborderait le merlon sur la partie orientale, recouvrirait le chenal de dérivation sur une longueur de 200 à 300 m (...). Les éboulis pourraient atteindre le pied du versant opposé », avec un barrage à la cote 336 m.

Ces informations résultent de simulations faites par Louis ROCHET, expert depuis de très nombreuses années en matière de mécanique des roches. Ce résultat peut aussi être comparé par exemple à ce qui s'est produit en 1991 à RANDA (Valais suisse) : effondrement polyphasé d'une

falaise d'un volume de l'ordre de 30 Mm³. A ce titre, il est intéressant de visualiser la reconstitution cinématique de cet effondrement faite par informatique sur le site : www.crealp.ch.

Vis-à-vis du moyen terme, le collège PANET a fait étudier par L. ROCHET le comportement d'éboulements supplémentaires en provenance de diverses zones qui, compte tenu des observations actuelles, seraient susceptibles de devenir au fil du temps la prochaine origine des éboulements polyphasés des Ruines de Séchilienne⁵. Quatre contours géométriques ont été étudiés, tous à l'ouest du secteur actuellement en mouvement (dans les autres directions, aucun mouvement ne semble se manifester à une échelle comparable à ce qui est observé sur le secteur ouest). Tous ces contours portent sur des volumes supplémentaires éboulés avoisinant les 3 Mm³, s'écroulant en plusieurs phases. Cependant en situation initiale, l'étude prend en compte l'existence d'un barrage naturel qui aurait été créé à la cote 336 par l'effondrement monophasé du secteur frontal.

Toutes ces simulations concluent que les nouveaux éboulements attendus à moyen ou long terme (20 à 50 ans) n'ont quasiment aucun impact sur la cote du barrage, puisqu'ils se feront principalement en aval de celui-ci. Cet élément est très important, puisque la mission Huet avait pris comme hypothèse que le barrage formé à moyen terme atteignait la cote 350 m.

2) Les études hydrauliques

Constatant le poids des incertitudes dans le rapport HUET de 2005, et notamment sur les hypothèses de barrage naturel de court terme et de moyen terme, le Symbhi a lancé diverses études pour analyser le comportement d'un éventuel barrage naturel face à une crue de la Romanche. Le Symbhi s'est entouré en permanence d'un comité technique afin de valider pas à pas les diverses étapes de ces études. Ce comité comportait entre autres la DDE 38 (MM. ROQUES et COLOMBOT), le Cetu (M. ROBERT), le Cemagref (M. DEGOUTTE), et deux experts privés (MM. LEFORT et DEMMERLE).

Nous noterons en tout premier lieu le sérieux et le professionnalisme avec lesquels l'ensemble de ces études complexes a été piloté par le SYMBHI.

Ces études portent sur les points suivants :

- détermination des flux hydrauliques centennaux arrivant sur la plaine de Bourg d'Oisans (données EdF, rapport Lefort),
- effets des débordements par dessus les digues actuelles dans la plaine de Bourg d'Oisans, sur le volume de la crue centennale arrivant à Séchilienne (Hydrétudes)
- impact de l'arrivée d'une onde de crue sur la tenue d'un barrage naturel (étude sur modèle réduit : CNR).

a) Détermination de la crue centennale après traversée de la plaine de Bourg d'Oisans

Les premières approches des débits de crue arrivant sur la plaine de Bourg d'Oisans ont été établies par EdF sur la base de diverses études ou observations faites par cet organisme pour son propre compte (gestion de ses barrages). Ces premiers éléments, pris en compte dans le rapport HUET de 2005, ont fait l'objet d'analyses critiques du BCEOM (décembre 2005) et de Philippe LEFORT, assistant auprès du SYMBHI (janvier 2008). Ensuite le cabinet HYDRETUDES a effectué en 2008 et 2009 des simulations du comportement de cette crue dans la traversée de la plaine de Bourg d'Oisans.

⁵ Rapport R & R de mai 2009 : Versant instable des Ruines de Séchilienne – Extension ouest de la zone frontale

Les débits de la crue centennale sortant de la plaine de Bourg d'Oisans, sans prise en compte d'un éventuel écrêtement de cette plaine, ont été évalués par Ph. LEFORT à 825 m³/s. A hauteur des Ruines de Séchilienne, ce débit serait de 880 m³/s. En outre, il a été pris en compte un taux de remplissage des barrages de 90 %, offrant une faible, mais réelle, capacité d'écrêtement de la crue ; en revanche, le système de pompage du barrage du Verney, dont le fonctionnement ne peut être déclenché de façon préventive, n'a pas été pris en compte. Cette prise en compte des barrages EDF permet un écrêtement de la crue de 32 m³/s .

D'autre part, Hydrétudes a modélisé (modèle numérique 3D) la plaine de Bourg-d'Oisans et son système de digues de protection contre les crues de la Romanche. Il apparaît que ces digues, en de nombreux endroits, sont submergées par les crues de la Romanche, dès les fréquences de retour trentennales. La modélisation a mis en évidence un effet écrêteur important lié à ce phénomène de débordement. Il a en outre évalué les effets d'éventuelles brèches se produisant dans ces digues.

Cette surverse dans la plaine de Bourg-d'Oisans, face à une crue centennale, est évaluée à un débit de 300 m³/s, ramenant le débit centennal au droit des Ruines de Séchilienne à 548 m³/s. Le débit millénal est quant à lui évalué à 893 m³/s, le cinq-centennal à 730 m³/s.

Cette modélisation et l'ordre de grandeur de ses résultats sont validés par les experts que la mission a consultés. Néanmoins ceux-ci ont constaté un manque d'informations de terrain pour mieux asseoir le calage des modèles utilisés, tant au niveau des apports hydriques que des écoulements.

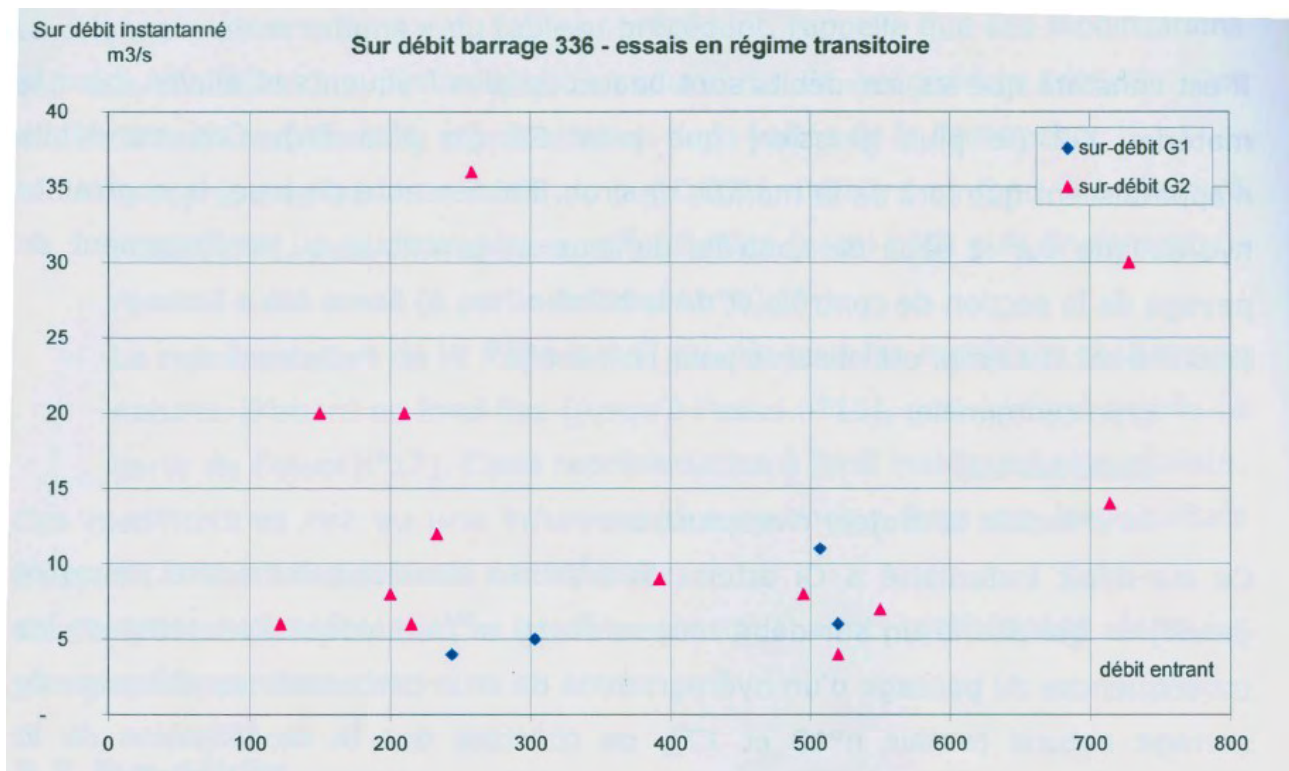
Bien entendu, ces résultats ne pourront perdurer que dans la mesure où les aménagements futurs (et en cours d'étude par le Symbhi) sur la plaine de Bourg-d'Oisans ne modifieront pas les effets hydrauliques des digues actuelles. Ainsi il est tout à fait envisageable d'améliorer la protection de certaines zones habitées, aujourd'hui inondables, sous réserve de recréer, dans cette large plaine, de nouvelles surverses et de nouveaux terrains inondables capables de stocker des volumes d'eau équivalents à ceux supprimés avec une réduction analogue du débit. La DDEA de Grenoble, qui contrôle les études du PPRI de la Romanche, devra y veiller particulièrement.

b) Effet de la crue centennale sur un éventuel barrage

La CNR a modélisé sur modèle réduit au 1/60^e les effets d'une crue centennale ou millennale sur un barrage, aux cotes 336 (éboulement court terme) ou 348 (éboulement dit de long terme). Les essais ont été faits avec deux courbes granulométriques caractérisant les matériaux constitutifs du barrage, et dans deux scénarios, l'un de concomitance de la crue et de l'effondrement qu'avait retenu le groupe HUET, l'autre d'indépendance de la crue et de l'effondrement qui apparaît aujourd'hui plus proche de la réalité. Plusieurs débits de crue ont été testés, allant de 100 à 900 m³/s.

On constate avant tout qu'il n'y a pas de rupture brutale du barrage, mais création d'un chenal d'évacuation qui s'approfondit et s'élargit progressivement, occasionnant un sur-débit momentané à l'aval pendant la phase d'érosion du barrage.

Dans le cas d'un barrage à la cote 336, constitué avant le passage de la crue, les effets mesurés sur le modèle réduit sont faibles et peu dépendants tant de la granulométrie que du débit entrant, du décennal au millénal : il se produit une érosion, par à-coups mais lente, de la crête du barrage qui provoque des sur-débits dont les valeurs mesurées, certes variables, ont toutes été inférieures à 36 m³/s, 15 mesures sur 17 étant inférieures à 20 m³/s (voir graphique ci dessous).



Graphique de synthèse des résultats mesurés dans le rapport CNR,

De plus, ces sur-débâts⁶ se produisent toujours avant le maximum de la crue, ce qui fait que l'effet, perceptible à l'aval, de la crue est en réalité toujours de moins de 20 m³/s (voir note 6 infra).

Il peut paraître au premier abord surprenant que l'accroissement des débits de crue, et donc de l'énergie incidente, ne s'accompagne pas d'un accroissement de la brèche produite dans le barrage et d'un accroissement des sur-débâts mesurés, ou, en d'autres termes, que les résultats donnent l'impression d'être plus ou moins aléatoires.

En premier lieu, nous noterons que pour les tests avec matériau fin (dit G1), deux tests ont été effectués avec le débit centennal et ont donné des résultats très voisins, confirmant ainsi la fiabilité du modèle.

D'autre part, les tests faits avec le matériau G2 le plus grossier, mettent en lumière le dépaillage et repaillage du chenal d'écoulement de la Romanche en période de montée de la crue. Le creusement par la Romanche de son propre chenal dans le barrage est donc progressif, ralenti par ce paillage de gros blocs (de 1 à 2 m de diamètre pour les plus gros). Il tend vers une asymptote, très proche du profil du terrain naturel préexistant.

La valeur du sur-débat réellement observé va donc dépendre plutôt de l'enchaînement aléatoire des

⁶ Les membres de la mission font remarquer que le terme « sur-débat » tels qu'utilisé par la CNR dans son rapport de synthèse peut prêter à confusion. Si $Q(t)$ est l'hydrogramme de la crue naturelle injectée à l'amont et $Q'(t)$ l'hydrogramme mesuré à l'aval des essais (de type transitoire), la CNR appelle sur-débat le $\max[Q'(t) - Q(t)]$; mais le sur-débat pertinent pour l'aval, c'est-à-dire l'effet de l'érosion du barrage naturel, est $\max[Q'(t)] - \max[Q(t)]$. Mathématiquement, on a évidemment : $\max[Q'(t)] - \max[Q(t)] \leq \max[Q'(t) - Q(t)]$. Physiquement, le premier terme est de fait largement inférieur au second, qui sera appelé sur-débat instantané dans ce rapport (cf. figure de l'annexe 4).

blocs les plus gros et non du débit incident de la rivière. Ce sur-débit est donc bien aléatoire, mais faible : on l'observe très nettement sur le film des essais de la CNR.

Par sécurité, le SYMBHI a pris un sur-débit, provoqué par l'érosion du barrage dans l'hypothèse de non concomitance des événements, majoré de 50 % par rapport aux valeurs observées sur le modèle réduit et égal à 50 m³/s, et de surcroît supposé se produisant au maximum de la crue (et non en phase de montée de celle-ci comme cela a été observé sur les 17 essais opérés).

Ce résultat est essentiel, car il permet de rendre indépendants la valeur à prendre en compte pour la crue centennale arrivant sur Vizille et le volume de sur-débit à y rajouter en cas d'existence préalable d'un barrage naturel résultant de l'éboulement monphasé de court terme.

Pour la même hauteur de barrage (336 m), les effets constatés lors d'un éboulement concomitant du passage de la crue sont plus élevés : le surdébit atteint de l'ordre de 180 m³/s. Le débit à l'aval de Séchilienne serait alors de 730 m³/s (pour une crue centennale évaluée à 550 m³/s), soit l'équivalent de la crue cinqcentennale.

Dans le cas d'un barrage de plus grande ampleur, pris par le SYMBHI à la cote 348 m, voisine de la cote 350 du rapport Huet pour le seul long terme, on constate des valeurs de sur-débites plus importantes dans le cas de la concomitance : 515 m³/s pour un débit injecté de 550 m³/s. Dans le cas des essais transitoires, des pics de sur-débit instantané, jusqu'à 228 m³/s, ont été observés en montée de crue, mais l'effet du barrage sur le débit maximum aval reste inférieur à 60 m³/s dans les quatre essais réalisés (dont un essai avec succession $Q_{30} + Q_{100}$), en raison de l'érosion précoce qui se développe avant le pic de crue. Là encore, le phénomène observé n'est pas celui d'une rupture brutale du barrage.

On peut noter de surcroît que le test de l'hypothèse de concomitance des événements est très pessimiste, puisqu'il suppose que la totalité du barrage (à la cote 348) se soit formée en une seule fois alors que les rapports des experts géologues affirment que les éboulements seront très probablement successifs et que donc seul le dernier éboulement peut être considéré comme concomitant de la crue.

De ces simulations sur modèle réduit, nous pouvons retirer les enseignements suivants :

- le modèle établit qu'il n'y aura pas de rupture brutale du barrage naturel, mais érosion progressive de celui-ci, provoquant un sur-débit s'ajoutant au débit de la crue considérée. Physiquement ceci s'explique par la constitution du barrage, comportant une forte proportion de blocs rocheux de taille significative. Il n'en serait certainement pas de même si on avait affaire à un matériau de granularité plus fine, très sensible aux phénomènes de renard ou d'érosion rapide, pouvant entraîner une rupture brutale du barrage ;
- lors de l'éboulement monphasé de la zone frontale, dit de court terme, dans l'hypothèse d'une non concomitance des événements (éboulement et crue), le sur-débit de 50 m³/s tel que proposé par le SYMBHI présente une bonne marge de sécurité ;
- en revanche, en cas de concomitance avec la crue centennale ($Q_{100} = 550\text{m}^3/\text{s}$), le débit total mesuré en aval du barrage peut atteindre 730 m³/s soit l'équivalent de la crue cinqcentennale ;

- lors de l'éboulement créant un barrage à la cote 348, les sur-débits enregistrés à l'aval sont plus significatifs, respectivement 60 m³/s pour l'hypothèse de non-concomitance des événements et 515 m³/s en cas de concomitance (cas d'une crue Q₁₀₀).

c) Concomitance éboulement – crue centennale

Comme nous venons de le voir ci-dessus, les résultats obtenus dépendent fortement de l'hypothèse de concomitance ou non des deux phénomènes physiques redoutés. Les experts géologues expliquent dans leurs différents rapports, suite aux observations successives des mouvements du versant rocheux et aux tentatives de mise en corrélation avec les observations de la pluviométrie enregistrée sur le site, que les précipitations exercent une influence claire sur la cinématique de la zone frontale. Les deux phénomènes, crue de la Romanche et éboulement majeur, sont donc corrélés aux précipitations, mais séparément, car leurs temps de réaction peuvent être très différents.

L'étude EDF, sur laquelle la mission « HUET » s'est appuyée, a comparé les précipitations à Séchilienne et celles dans le bassin de l'Eau d'Olle, pour conclure à un « risque avéré de concomitance » de ces précipitations. Elle n'a donc pas traité spécifiquement la concomitance de l'éboulement et de la crue, ce qu'a tenté, en revanche, le collège « Panet ».

Face à une pluie dans le haut massif qui engendrera dans un délai d'environ 24 heures le déclenchement d'une crue centennale, le massif rocheux de Séchilienne, à supposer qu'il reçoive également des précipitations, réagit plus ou moins vite. Le collège d'experts écrit dans son rapport de 2009 « *La réaction aux précipitations peut être rapide, en un ou deux jours pour certains points de la zone frontale* » et « *il est établi que l'eau qui s'infiltre exerce des pressions qui produisent une accélération du mouvement de la zone frontale, avec un effet mémoire de quelques jours à quelques mois* ».

Dans le cadre de l'éboulement du 23 novembre 2006, le CETE a écrit dans son rapport : « *Les pluies ont été faibles et ne peuvent expliquer à elles seules le phénomène observé. En novembre, il a très peu plu sur le versant de Séchilienne : 22 mm en trois jours (du 17 au 19) et 17 mm en deux jours (les 21 et 22). On remarquera que, si l'éboulement du 23 s'est produit au lendemain de pluies peu abondantes, l'accélération du 15 au 17 ne peut être imputable à la pluie du 17 au 19.* »

Ces observations tendent à montrer que des pluies, même faibles, peuvent déclencher assez rapidement des éboulements superficiels et limités dans la zone centrale des Ruines de Séchilienne, et que la mobilisation de la totalité des 3 Mm³ de l'éboulement dit de court terme, qui nécessite des mouvements en profondeur, sera enclenchée par un apport hydrique important, éventuellement étalé sur une longue période. L'éboulement proprement dit surviendra à un moment qui est fonction de l'état de « maturation » du site.

La présente mission, à la lumière des études de la CNR et d'une analyse des relations entre précipitations et vitesses de déplacement de la zone frontale à Séchilienne, a pris en compte deux éléments :

- c'est la coïncidence avec le pic de crue (durée : 15 h pour une crue centennale) qui est redoutable,
- l'influence des précipitations sur un phénomène comme Séchilienne est nette, mais le délai et la durée de cette influence – pouvant mener à une rupture majeure - sont mal déterminés.

3) Les parades étudiées par le SYMBHI

Le Symbhi a fait étudier par la SOGREAH une palette de solutions qui répondent aux objectifs affichés par la commission HUET et que nous rappellerons ci-après :

- réalisation de casiers sur l'île Falcon
- écrêtement des crues par les barrages EDF
- réalisation d'une galerie de dérivation sans barrage d'entonnement
- réalisation d'une galerie de dérivation avec barrage d'entonnement
- réalisation d'un canal à flanc de montagne
- réalisation d'un chenal avec un merlon
- réalisation d'un dalot sous remblai recouvrant la Romanche
- réalisation d'un dalot enterré
- érosion contrôlée du barrage naturel
- confortement des digues de Vizille

Après analyse technique de chaque solution, la SOGREAH propose les orientations suivantes :

- La réalisation de casiers sur l'île Falcon n'est pas retenue, le fonctionnement d'un tel aménagement s'avérant incertain face au sur-débit provoqué par l'érosion progressive du barrage.
- Le recours à l'écrêtement de la crue par gestion des barrages n'est pas retenu, car impossible à programmer. En revanche, les barrages pourraient être utilisés, une fois l'éboulement passé et le barrage constitué, pour écrêter celui-ci par des chasses programmées de l'ordre de 200 m³/s pendant deux à trois heures.
- La réalisation d'un canal de dérivation en pied de versant rive gauche n'est pas retenue, car elle demeure impactée par l'éboulement monphasé et elle est en conflit avec le projet de déviation routière.
- Un chenal avec merlon de protection n'a pas été non plus retenu, car il n'existe aucune garantie de tenue du merlon face à un éboulement monphasé (et donc très énergétique).

Les solutions suivantes ont donc été retenues par le SYMBHI pour bâtir des scénarios :

- ◆ galerie de dérivation avec ou sans entonnement ;
- ◆ confortement des digues de Vizille ;
- ◆ dalot enterré ;
- ◆ réalisation de chasses à partir des barrages d'EdF,

les scénarios pouvant combiner plusieurs des solutions techniques à des échéances variables.

Trois scénarios ont été retenus ensuite par le SYMBHI pour une comparaison multi-critères; il s'agit :

- de la réalisation immédiate d'une galerie hydraulique avec entonnement,
- du confortement des digues de Vizille à court terme et de la réalisation d'une galerie à long terme,
- de la réalisation d'un dalot enterré.

Ces trois scénarios ont été testés sur le plan économique global (fiabilité et rapport coût/avantages,

les avantages étant appréciés tant sur le plan de l'efficacité hydraulique, que des avantages économiques, humains et environnementaux, c'est à dire sous l'angle du développement durable).

L'étude conclut que le scénario phasé (digues à court terme ; galerie à long terme) présente le meilleur rapport coût/efficacité. Le dalot sous remblai n'est pas retenu, car son dimensionnement mécanique est très incertain (difficultés à prédire les efforts engendrés par l'impact de l'éboulement sur le remblai).

VI) Avis des personnes du monde politique et associatif rencontrées

Il n'est pas dans les intentions des membres de la mission de fournir ici le compte rendu exhaustif des différents entretiens qui se sont déroulés dans le cadre de cette mission, mais plutôt de donner une synthèse des grandes tendances qu'ils ont pu dégager à l'issue de ceux ci.

Cependant, une mention particulière doit être faite vis à vis des propos tenus par les membres du Comité d'Action des Ruines de Séchilienne (C.A.R.S), lesquels diffèrent notablement des propos tenus par les autres interlocuteurs. En effet, les membres de cette association se placent délibérément dans l'hypothèse de ce qu'ils nomment « l'éboulement gigantesque » c'est à dire l'éboulement de long terme tel qu'il était envisagé dans le rapport « Huet ». De ce fait, ils considèrent les études faites par le SYMBHI comme inutiles car pour eux la seule solution qui vaille consiste à réaliser une dérivation de la Romanche dans une galerie dimensionnée pour la crue millénale voire décenniale. Les membres de la mission ont pu constater que les réflexions au sein de l'association sur cette solution avaient été poussées assez loin jusqu'à y compris la conception d'un entonnoir.

Les propos tenus par les élus locaux sont beaucoup plus nuancés. D'une manière générale ils sont prêts à accepter les conclusions des études les plus récentes, même si, pour la commune de Vizille, directement soumise au risque consécutif à la rupture du barrage créé par l'éboulement, on regrette quelque peu l'abandon de la réalisation à court terme de la galerie de dérivation de la Romanche. Les membres de la mission ont noté trois points importants repris par la grande majorité de leurs interlocuteurs :

- le souhait d'une décision relative aux parades à mettre en œuvre prise dans les meilleurs délais, compte tenu que l'incertitude actuelle bloque nombre de projets et inhibe l'économie locale ; notamment le souhait largement exprimé que cette décision puisse être prise indépendamment du règlement du problème de la plaine de Bourg d'Oisans ;
- la nécessité d'un effort pédagogique pour expliquer à la population l'évolution de l'appréhension du problème, pour des raisons scientifiques et non pour cause de restrictions budgétaires ;
- le fait que désormais la population, y compris celle de Vizille, soit sereine vis-à-vis des risques engendrés par les Ruines.

La nécessité de réaliser la déviation routière rapidement a également été soulignée par nos interlocuteurs, de façon à éviter une coupure prolongée des communications dans la vallée.

VII) Avis de la mission et propositions d'actions

Aujourd'hui, compte tenu de l'évacuation quasi-terminée de l'Ile-Falcon, deux types de risques sont présents :

- risque que l'éboulement atteigne et coupe la route durablement ;
- risque de type hydraulique, dans l'hypothèse de la rupture d'un barrage naturel formé par un éboulement.

Le projet de nouvelle route en déblai devrait supprimer le premier d'ici deux ans. Nous nous concentrons ci-après sur le second.

Suivant une démarche classique, il est nécessaire :

- d'évaluer le risque qui, comme annoncé ci-dessus, est essentiellement un risque hydraulique, dont l'intensité peut être caractérisée par le sur-débit provoqué par l'érosion rapide du barrage ;
- de choisir un niveau de protection permettant de définir des parades.

Sur le premier point, rappelons les éléments clés du problème, qui sont tous affectés d'incertitude :

- le volume et la position des masses rocheuses susceptibles de s'effondrer,
- le déroulement temporel des ruptures : délai disponible avant rupture, succession d'événements,
- la cote du seuil du barrage naturel,
- la nature (granularité) des matériaux constituant le barrage naturel,
- la forme du barrage naturel (longueur dans le sens de la vallée, pente des flancs),
- les valeurs de débits Q_{100} , Q_{500} , Q_{1000} , etc.
- la concomitance ou non entre éboulement et pic de crue,

tous ces éléments ayant une influence sur la rapidité d'érosion par surverse et donc sur l'importance du sur-débit à l'aval.

Il revient aux scientifiques de fournir les meilleures estimations possibles des paramètres précédents, avec les incertitudes qui les caractérisent, et à la puissance publique de choisir le niveau de protection recherché, notamment la période de retour de la crue à prendre en compte.

1) Marges de sécurité prises sur l'ensemble des études

Les membres de la mission ont pu constater que les études faites sous la maîtrise d'ouvrage du SYMBHI ont été réalisées en respectant les « règles de l'art ». Les travaux du collège de M. Panet, appuyés par ceux du Cete, sont menés avec le plus grand sérieux. Pour autant ces études font appel à l'hydrologie, à l'hydraulique, à la géologie, à la mécanique des roches pour élaborer des modèles de prévision des événements redoutés, et par essence même, ces prévisions sont entachées d'une part d'incertitude, aussi, les membres de la mission se sont-ils interrogés sur le « coefficient de sécurité » que l'on pouvait ou devait attribuer à ces prévisions de façon à ce que les parades proposées soient de nature à assurer la sécurité des populations concernées dans des conditions comparables aux pratiques adoptées en matière de risques naturels (notamment risque d'inondation).

En ce qui concerne **les études géologiques**, les membres de la mission soulignent les points suivants :

➤ Il y a consensus sur le volume de roches susceptibles de s'effondrer à court terme⁷ évalué à 2,8 arrondi à 3 millions de m³ en place, valeur qui constitue « un volume enveloppe » aux dires du collège des experts⁸.

➤ Compte tenu des observations et investigations faites au cours des dernières années, le collège d'experts PANET considère que le phénomène le plus probable consiste en des effondrements successifs de quelques dizaines à quelques centaines de milliers de m³ de rochers, lesquels ne constitueraient pas un barrage dans la vallée ; l'effondrement du 23 novembre 2006 en étant une illustration. Pour autant c'est l'hypothèse d'un effondrement monophasé de 3 millions de m³, quoique très peu probable, qui a été prise en compte pour le dimensionnement des parades à l'aval de Séchilienne par Sogreah ;

➤ La propagation d'un effondrement monophasé de 2,8 millions de m³ (en place) a fait l'objet d'études suivant trois méthodes différentes⁹ ; deux d'entre elles conduisent à l'absence de constitution d'un barrage dans la vallée ; mais ce sont les calculs de propagation, plus élaborés, réalisés par L. Rochet, lesquels aboutissent à un barrage à la cote 336 m, qui ont été pris en compte ;

➤ L'utilisation de cette méthode pour un effondrement monophasé de 3,2 millions de m³ (en place) conduirait à un barrage à la cote 338 au lieu de 336¹⁰ ce qui montre la faible sensibilité du résultat au volume de l'événement.

Les membres de la mission ont pu observer que lors de ses calculs antérieurs, L. ROCHET avait estimé que le barrage pouvait se former à la cote 338. Ils ont cependant estimé que la cote 336 pouvait être retenue du fait d'une part de la faible influence de cette cote sur les sur-débits constatés lors des essais CNR et d'autre part des marges prises dans la définition du projet vis-à-vis de ces sur-débits.

➤ En ce qui concerne le phénomène à long terme, les experts considèrent comme hautement probable une poursuite quasiment à l'identique des phénomènes observables à court terme¹¹ Pour autant si les observations et investigations faites pendant et à l'issue des événements de court terme, venaient contredire les conclusions du dernier rapport du collège « PANETt », il serait toujours temps de prendre des mesures de parades complémentaires telles que la création d'une galerie de dérivation de la Romanche. Les secteurs les plus actifs sur les Ruines de Séchilienne, mise à part la zone frontale, sont situés plus à l'ouest que le compartiment central, et se déplacent dans des proportions bien inférieures à celle constatées sur la zone centrale : leur désorganisation ne fait donc que débiter. Les simulations correspondantes de propagation ne donnent pas des cotes de seuil de barrage sensiblement différentes, dans la mesure où les nouveaux volumes déstabilisés se situent à l'aval-Romanche des premiers.

➤ La granularité d'un éventuel éboulis majeur est délicate à estimer ; toutefois, compte tenu des observations de terrain, il est certain que le matériau comportera des éléments fins (parties altérées) et des éléments grossiers, de diamètre métrique (masses rocheuses saines limitées par des discontinuités). Les essais de la CNR ont utilisé deux courbes granulométriques, et ce sont toujours les résultats les plus défavorables qui sont pris en compte.

⁷ Le court terme signifie dans les 10 années qui viennent (approximativement). Les membres de la mission ont observé à cet égard que le 1er rapport du collège d'expert qui évoquait ce sujet date de décembre 2000 et, qu'à ce jour, un seul effondrement de 30 000 m³ a été observé en novembre 2006

⁸ Rapport de décembre 2003

⁹ Rapport du collège d'experts de décembre 2003

¹⁰ Rapport du collège d'experts de décembre 2003

¹¹ Rapport du collège d'experts de janvier 2009



Roche désagrégée sur le site des Ruines

En ce qui concerne les **études hydrologiques et hydrauliques**, les membres de la mission ont fait les constatations suivantes :

- Le calcul fait par EDF en 1995 par la méthode dite « du gradex » conduisant à un débit de crue centennale de $800 \text{ m}^3/\text{sec}$, est, aux dires des experts consultés par la mission, évalué par excès. Ce point n'est d'ailleurs pas contesté par EDF, lequel se doit d'assurer la sécurité de ses barrages et évalue ainsi les débits prévisibles par excès. Toutefois, les experts soulignent le manque d'évaluation des incertitudes, par exemple sous forme d'intervalles de confiance sur les débits (cf. annexe 3).
- Les membres de la mission ont eu connaissance (tardivement) d'un « projet de note préliminaire d'expertise » rédigé par Daniel DUBAND, répondant à une commande de la DGPR sur l'hydrologie du bassin de la Romanche.

La « conclusion provisoire » de cette courte note de 4 pages vise à proposer de retenir sur le secteur de Séchilienne, une crue centennale de débit voisin de celui déterminé par EdF pour la crue bicentennale, à savoir $1\,088 \text{ m}^3/\text{s}$ au lieu de $880 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vis-à-vis de cette note les membres de la mission relèvent les points suivants :

- La note ne fait aucune analyse critique des méthodes utilisées par EdF pour déterminer les niveaux de crue de la Romanche. Il apparaît que le choix de la valeur du pivot dans la méthode du gradex a été fait de façon plus pessimiste que précédemment, sans justification précise.

○

- Les membres de la mission estiment que la prise en compte de valeurs pour les débits centennaux ou millénaux sur ce bassin de la Romanche, supérieurs de 20 à 25 % à ceux appréciés par EdF, pourrait conduire à s'interroger sur la sécurité des grands barrages implantés sur ce bassin
 - Le phénomène d'écêtement et de stockage dans la plaine de Bourg d'Oisans n'est pas pris en compte dans la note (cf. infra).
- Le rôle d'écêteur de crue de la plaine du Bourg d'Oisans est incontestable du fait de ses dimensions. Ainsi les différents calculs relatifs au débit à la sortie de la plaine, lors de la crue centennale, par différentes méthodes et suivant diverses hypothèses conduisent-ils Hydrétudes à des résultats voisins et c'est le résultat le plus élevé qui a été pris en compte pour la détermination du débit de référence de la crue centennale à Séchilienne. Cet effet écêteur est également sensible pour des débits supérieurs, tel qu'envisagés par D. Duband, et Hydrétudes estime Q_{1000} à Séchilienne autour de 890 m³/s. (au lieu de 1 360 m³/s. D ans les études antérieures)
- En ce qui concerne la vidange du barrage sous l'effet d'une crue postérieure à sa constitution, les essais réalisés par la CNR montrent qu'il s'agit plus d'un phénomène d'érosion que d'un phénomène de rupture proprement dite. De fait, le phénomène d'érosion débute bien avant le pic de la crue et le maximum de l'augmentation du débit consécutif à ce phénomène se produit avant le pic de la crue. Pour autant c'est la valeur du débit maximal Q_{100} augmentée de la valeur maximale du sur-débit instantané qui a été prise en compte pour le dimensionnement des parades à l'aval. De surcroît, les essais sur modèle réduit ont montré que le sur-débit instantané provoqué par l'érosion du barrage de court terme était quasiment constant ; il ne dépend pas de l'importance de la crue incidente. En définitive, il apparaît que toute erreur sur le calcul de la crue de référence arrivant sur le barrage naturel est sans conséquence pour apprécier les risques supplémentaires engendrés par un éboulement des Ruines, encourus par les populations situées en aval du barrage. Ceci résulte de la faible hauteur du barrage qui, dès lors, ne retient que très peu d'eau à évacuer en sus de la crue, d'une part, et qui, constitué de gros blocs de dimension comparable à cette hauteur, procure une stabilité certaine au chenal qu'y creuse la rivière.

En conclusion, les membres de la mission considèrent que l'ensemble des études récemment conduites présente une marge de sécurité tout à fait satisfaisante vis-à-vis des risques liés aux éboulements des Ruines de Séchilienne.

2) Appréciation de l'aléa géologique

Compte tenu de la masse d'informations toutes convergentes recueillies ces dernières années, la mission estime qu'un éboulement de l'ensemble de la zone frontale est le seul événement à redouter dans les 10 à 20 prochaines années : il est donc justifié de se prémunir contre cet éboulement dit de court terme de la zone centrale. Mais, à la différence de la situation de 2004, date du rapport « Huet », il ne semble pas justifié de prendre en compte aujourd'hui un événement géologique plus important, compte tenu que les géologues repoussent à une échéance d'une vingtaine d'années, l'occurrence d'éboulements significativement plus volumineux.

La mission a noté que le collège d'experts de M. Panet juge que la probabilité de l'effondrement de la zone frontale en une seule fois (éboulement de type monophasé) est très faible. Néanmoins, la mission entérine la prise en compte d'une marge de sécurité qui conduit à une hypothèse d'éboulement de court terme s'effectuant de façon monophasée, créant alors un petit barrage au

travers de la vallée. La mission valide la cote de 336 m obtenue par L. Rochet dans ses calculs les plus récents (soit un barrage de 6 m de haut), laquelle a été retenue comme hypothèse par le SYMBHI.

L'évolution ultérieure du site des Ruines de Séchilienne, au-delà de ce premier éboulement, est encore aujourd'hui très imprécise ; néanmoins, la mission estime, comme l'affirme depuis de nombreuses années le collège d'experts de M. PANET, que, au vu des observations faites sur l'ensemble du massif rocheux au-delà de la zone centrale, cette évolution sera lente et concernera plutôt le secteur ouest, en mouvement, mais avec des vitesses très faibles.

3) Évaluation du risque hydraulique

De tout ce qui précède, on peut retenir que, à la lumière des données aujourd'hui disponibles, un événement réellement catastrophique, du type de ceux pris en considération dans le rapport Huet, serait à prendre en considération si :

1. un barrage dépassant significativement la cote de 336 m se créait dans un délai d'une vingtaine d'années ; toutes les observations et études de ces 20 dernières années infirment une telle hypothèse,
2. la concomitance crue/éboulement se produisait. La mission a noté les conclusions du collège « PANET » qui a examiné la question dans son rapport de janvier 2009, en estimant « à dire d'expert » que, *« par rapport à la probabilité d'occurrence p d'un éboulement majeur, la condition supplémentaire correspondant à une concomitance avec la pointe d'une crue centennale entraîne un facteur de réduction sur p compris entre 1/10 000 et 1/1 000 »*. Même si l'on admettait la valeur 1/1000, avec une probabilité d'éboulement monphasé de 3 Mm³ sur une vingtaine d'années, que l'on peut raisonnablement majorer par la valeur de 0,2, on obtiendrait une probabilité d'événements concomitants de l'ordre de 1/5000, très largement inférieure à la probabilité de survenance de la crue cinq-centennale. Aussi la mission considère-t-elle qu'un tel événement dont les conséquences sont analogues à celle d'une crue cinq-centennale, n'a pas à être pris en compte.

Dans ces conditions, l'événement hydraulique redouté est une simple crue, dont l'amplitude peut varier selon l'existence ou non d'un barrage naturel à Séchilienne, et l'importance de celui-ci. Les essais sur modèle réduit ont montré qu'il ne s'agit pas d'une onde déferlante, telle que la rupture d'un barrage-voûte pourrait induire, mais d'une crue ressemblant à une crue naturelle. Les risques correspondants sont du même ordre de grandeur que ceux des crues de la Romanche. Face à ces risques, pour assurer la protection permanente des biens et des personnes situés en aval du site de Séchilienne, la détermination du niveau de protection, conformément à la circulaire du 30 avril 2002 du ministère de l'écologie et du développement durable, est liée à un aléa de référence qui est « la plus forte crue connue ou la crue centennale si celle-ci est supérieure ». Pour des périodes de retour plus importantes (crue cinq-centennale ou millennale), la protection des personnes est garantie par des deversoirs sur les digues évitant leur rupture brutale et garantissant une évacuation maîtrisée des populations menacées.

L'arrêté du 13 février 2002 pris par le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, qui fixe les prescriptions générales applicables aux digues, utilisait la même formulation pour la crue de surverse, en tenant compte des deversoirs (c'est donc la crue susceptible de créer une brèche par surverse) : « débit de la plus forte crue connue ou de la crue centennale si celle-ci est supérieure ».

Ceci étant donné, la mission propose d'adopter la pratique moderne en matière de prévention du risque inondation, à savoir la définition de deux valeurs de débit pour caractériser le risque hydraulique à l'aval de Séchilienne :

- un débit de projet, pour le dimensionnement des dispositifs de protection, choisi de sorte que les enjeux (ouvrages et constructions) à l'aval ne soient pas endommagés, et que les activités humaines ne soient pas interrompues,
- un débit de danger, correspondant à de possibles dommages aux ouvrages et constructions, sans mise en danger des personnes (avec évacuation si nécessaire).

Comme il a été dit plus haut, même si l'éboulement de type monophasé de l'ensemble de la zone frontale apparaît comme très improbable, la mission propose que, par prudence, l'hypothèse d'un barrage de seuil à la cote 336 soit prise en compte.

La mission estime que, dans le cadre des études du PPRI de la Manche, les autorités responsables doivent prendre en compte comme événement de projet l'événement constitué par une crue centennale venant éroder un barrage naturel déjà constitué à la cote 336. Ce phénomène a été très bien étudié par la modélisation de la CNR (essais en régime transitoire). Les experts hydrauliciens que nous avons consultés notent à juste titre que ces essais transitoires donnent des résultats dispersés (cf. annexe 3) : la raison en est connue, puisque les phénomènes de dépavage-repavage ont par essence une composante aléatoire (cf. § V-2-b). Mais tous les résultats obtenus font état de sur-débites instantanés de très faible importance (toujours inférieurs à 36 m³/s), ce qui physiquement trouve aisément son explication : le volume d'eau à évacuer, et retenu par le barrage (200 000 m³) est très faible en regard des volumes d'eau libérés par la crue (2 Mm³ déversés chaque heure) et le barrage est constitué, pour une certaine part, de blocs de forte dimension. La mission propose donc que, dans le cadre du PPRI, le débit de projet à prendre en compte pour dimensionner les protections des secteurs en aval de Séchilienne (Vizille principalement) soit égal au débit centennal actuellement calculé, majoré d'une valeur forfaitaire de 50 m³/s.

Comme il a été mentionné précédemment, l'effet d'un éventuel éboulement de court terme à Séchilienne sur la conception des protections des zones situées plus en aval est indépendant du volume de la crue arrivant en amont de l'éboulement. Dès lors, on peut estimer que la détermination de la valeur de la crue centennale incidente sort de la mission. confiée. Néanmoins, nos experts hydrauliciens ont examiné avec soin les études menées par le SYMBHI et ses prestataires et estiment que la crue centennale de projet peut effectivement être prise à Séchilienne égale à 550 m³/s. Pour autant, la doctrine concernant la prise en compte des crues historiques ne doit pas être négligée. Si les crues antérieures au XX^{ème} siècle ne peuvent guère être utilisées, par suite du manque de précision des données et des changements importants survenus depuis dans la vallée de la Manche, la mission a trouvé intéressant d'examiner le cas des crues du XX^{ème} siècle. M. Pardé, qui fait référence dans le domaine des cours d'eau alpins, considère que la crue de 1940 serait la plus importante ; il a reconstitué de façon approchée un hydrogramme de cette crue à Séchilienne (figure ci-dessous). Compte tenu du mode d'évaluation, M. Pardé suggère que la valeur du pic de crue n'est pas de 650 m³/s, mais plutôt 10 % de moins, soit 585 m³/s. Ce débit est, selon M. Pardé, nettement supérieur à celui de la crue de 1928.

Il est satisfaisant de constater que, malgré les incertitudes qui affectent cette estimation, cette valeur est voisine de celle adoptée par le SYMBHI pour la crue centennale. Conformément à la doctrine rappelée plus haut, la mission considère comme raisonnable d'adopter la valeur $Q_{100} = 580 \text{ m}^3/\text{s}$.

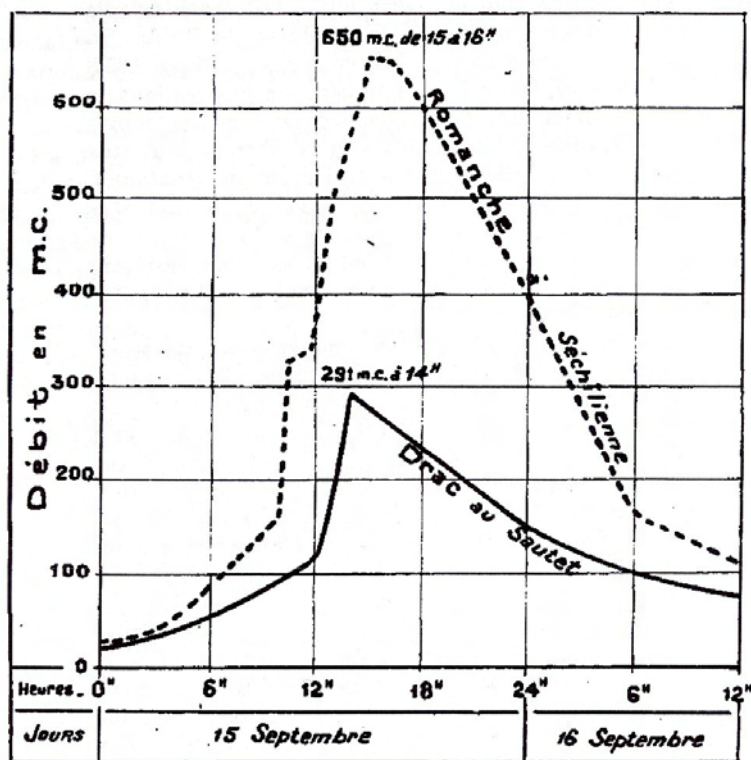


Fig. 2. — Graphique des crues du haut Drac et de la Romanche en septembre 1940.

NOTA. — Les débits de la Romanche doivent être exagérés de 10 % à peu près.

(in M. Pardé, *La crue de septembre 1940 dans les Alpes du Nord*. Revue de Géographie Alpine, 1941, vol. 29, n° 1.

Il reste toutefois de la responsabilité conjointe du SYMBHI et des services locaux de l'État de confirmer la valeur de cette crue de référence pour dimensionner les protections à aménager sur le secteur de Vizille.

Par ailleurs, la mission ne recommande pas de prendre en compte dans le débit de projet une quelconque atténuation due à une régulation préventive des barrages EdF. Ceci en raison du manque de fiabilité de cette action, sachant par ailleurs que son influence est faible.

Quant à des événements de plus faible occurrence, qu'il s'agisse de crue cinq-centennale ou millénaire arrivant sur le barrage à la cote 336, ou de crues de plus faible intensité mais se produisant exceptionnellement en même temps que l'effondrement de court terme, la prise en compte dans le PPRI d'une crue de danger égale à la crue cinq-centennale nous paraît suffisante pour dimensionner les deversoirs sur les digues du secteur de Vizille ou au-delà. La question du sur-débit de 50 m³/s provoqué par la présence du barrage naturel devient ici marginale.

4) Propositions d'actions

Au vu de ces constats et des orientations proposées ci-avant, nous proposons de mettre en oeuvre les actions suivantes :

– déviation de la RD 1091

L'action qui nous apparaît la plus urgente concerne la mise à l'abri de la RD 1091 qui risque d'être touchée, dans un premier temps, par des blocs individuels, dans un second temps, par le débordement possible de la Romanche en cas d'éboulement de forte ampleur (1 Mm³ par exemple). Pour assurer la sécurité des automobilistes et plus largement garantir la continuité des accès vers la haute vallée, le Conseil général de l'Isère étudie une déviation de la RD 1091. Dès que celle-ci sera réalisée (échéance annoncée 2012), les automobilistes circulant sur cette RD seront à l'abri de tout bloc en provenance de l'éboulement.

Le respect de l'échéance de 2012 qui nous a été annoncée nous apparaît très souhaitable et il serait regrettable que des contingences extérieures viennent y apporter un quelconque retard..

En attendant cette échéance, et indépendamment du plan de secours en vigueur, il nous paraîtrait judicieux de ne pas compter uniquement sur le réseau d'alerte installé sur place pour garantir la protection des automobilistes circulant sur cette RD, fondé sur les capteurs équipant le site, mais de mettre aussi en place sur la route actuelle des feux tricolores reliés à des détecteurs protégeant l'emprise de la route (à l'image des systèmes de prévention des avalanches que met le Conseil général de l'Isère sur certaines de ses routes comme sur l'accès à Vaujany). Ainsi, en cas de survenance d'éboulement, la circulation sur la RD serait coupée en quelques secondes, retenant les automobilistes en amont du secteur dangereux. Cette disposition éviterait que, en cas de constat de déformations alarmantes sur la zone centrale pouvant laisser craindre une rupture prochaine, on ne coupe la circulation sur la RD pendant une période trop longue avant l'effondrement attendu, risquant d'isoler la vallée pendant un délai « économiquement difficilement supportable ». Bien entendu, ce dispositif deviendrait inutile une fois la déviation construite.

– protection des populations contre les crues de la Romanche

Les études du PPRI menées par le SYMBHI doivent intégrer les conséquences d'une crue centennale de la Romanche venant buter sur un barrage de faible hauteur constitué par l'éboulement monophasé de la zone centrale des Ruines. Le sur-débit en résultant qu'il y a lieu de prendre en compte dans les études du PPRI doit être fixé à 50 m³/s. Pour ces mêmes protections, tous les autres phénomènes, tels que l'éventualité très improbable de l'arrivée d'une crue centennale en même temps que l'éboulement de court terme, doivent être assimilés à des crues de danger, pour lesquelles il faut éviter la rupture brutale des digues (nécessité d'aménager des déversoirs).

Pour la protection de Vizille, la surélévation et le renforcement des digues actuelles pour faire face à la crue centennale ainsi majorée, tel qu'envisagé par le Symbhi, apparaît être aujourd'hui la solution la mieux adaptée. Rappelons qu'une crue centennale de la Romanche produirait seule aujourd'hui des dommages très importants.

Par ailleurs, il ne faudrait pas que la problématique de l'éboulement à court terme de Séchilienne, vienne retarder la production du PPRI de la Romanche et la mise en oeuvre des protections des populations des secteurs de Vizille et Bourg d'Oisans, vis-à-vis des phénomènes de crue qui menacent cette vallée.

– **éboulement de la zone frontale :**

Les protections de la RD 1091 et de Vizille évoquées ci-avant étant mises en place, aucune mesure supplémentaire n'apparaît nécessaire aux membres de la mission face à l'éboulement de la zone frontale des Ruines de Séchilienne. En cas d'alerte déclenchée par des mouvements observés dépassant les seuils prescrits, il apparaît important que le CETE puisse filmer les éventuels départs de matériaux (tel a d'ailleurs été le cas pour l'événement de 2006) : une telle observation aidera tous les protagonistes à parfaire leur compréhension des phénomènes en jeu. Des repérages des principaux blocs et de leurs trajectoires permettront également de mieux caler les modèles de propagation actuellement utilisés sur le site.

Si un barrage se forme, et qu'un lac résiduel persiste, il pourra être envisagé, après consultation des experts, de déclencher des chasses issues des barrages EdF (200 m³/s), et/ou de procéder à l'approfondissement et l'élargissement du chenal de traversée du barrage naturel, au moyen d'engins de travaux publics, comme cela a été fait sur de nombreux sites de barrages naturels, un point fondamental étant d'assurer la sécurité des opérations vis-à-vis d'éventuels éboulements secondaires.

– **poursuite des campagnes d'observations**

Il apparaît indispensable que le CETE, sous le pilotage du collège d'experts présidé par M. PANET, poursuive les mesures et observations du massif rocheux, y compris sur les parties basses de la zone centrale.

De même, il serait utile que le SYMBHI, d'une part, mette en place des systèmes d'enregistrement des précipitations sur les bassins versants de la Romanche, et, d'autre part, réalise des observations de terrain chaque fois qu'une crue significative de la Romanche sera constatée. Cela permettra d'améliorer le calage du modèle utilisé par Hydrétudes.

– **devenir des Ruines sur le long terme**

Comme évoqué précédemment, le rythme d'évolution des déformations des secteurs rocheux autres que la zone centrale est suffisamment lent pour qu'il ne soit pas nécessaire de mettre en oeuvre aujourd'hui d'autres mesures de protection.

L'intérêt de la stratégie proposée par le SYMBHI, en deux temps, est que la maîtrise du court terme n'obère en rien le long terme (par exemple, réalisation d'une galerie hydraulique telle que prévue par la mission « HUET », certainement avec un diamètre moindre compte tenu des nouvelles estimations des débits de la Romanche, pourrait être envisagée). La mission propose qu'une réflexion sur la stratégie long terme soit faite après un événement majeur (chute de 500 000 m³, par exemple) ou, en tout état de cause, dans cinq ans (les connaissances sur les phénomènes auront alors encore progressé).

En conclusion, la mission juge opportun d'attendre, pour envisager des mesures supplémentaires pour le long terme, de tirer tous les enseignements des observations notamment sur les éboulements de la zone centrale et sur les crues de la Romanche. L'évolution lente du versant de Séchilienne laissera en effet suffisamment de temps pour prendre au moment opportun de nouvelles mesures de protection si elles s'avéraient nécessaires.

Jean-Louis Durville

Jean-Louis DURVILLE

Pierre Garnier

Pierre GARNIER

Jean-Louis Picquand

Jean-Louis PICQUAND



Le sommet des Ruines

Annexe 1

Lettre de mission

CGEJD 006686-01



Le ministre d'État

Paris, le 20 AVR. 2009

Le ministre d'État

à

Monsieur le vice-président du conseil général
de l'environnement et du développement
durable

Référence : D 09006264

Objet : Mise en place d'une mission concernant le site des "Ruines de Séchillienne"

Par une lettre de mission du 3 mai 2004, les deux ministères chargés à l'époque de l'environnement et de l'équipement demandaient une mission conjointe IGE-CGPC portant sur la stratégie de prévention à moyen et long terme contre les risques d'éboulement des Ruines de Séchillienne. Le rapport dit « Huet » de mars 2005, issu de cette mission, étudiait donc, sur la base des expertises géotechniques disponibles à l'époque, des scénarii d'éboulement, leurs conséquences et les parades envisageables. Par ses recommandations, ce rapport pose les bases de l'action et des politiques de l'Etat dans la gestion du risque majeur lié à Séchillienne.

Une des principales recommandations du rapport Huet était la constitution d'une maîtrise d'ouvrage pour l'étude et la réalisation des parades. C'est ainsi que le Syndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère (SYMBHI), animé par le conseil général de l'Isère, a pris, le 7 mars 2007, la maîtrise d'ouvrage des études sur le bassin de la Romanche et des parades hydrauliques à mettre en œuvre pour limiter les conséquences d'un éboulement à Séchillienne.

Les études hydrauliques menées par le SYMBHI sont en voie d'achèvement et apportent de nouveaux éléments sur la crue de la Romanche et la stabilité du barrage lors d'un éboulement éventuel. Les premiers résultats démontrent que les hypothèses de débit de pointe de la crue centennale de la Romanche peuvent être revues nettement à la baisse (de 880 m³/s à 550 m³/s). Cette diminution s'explique par la prise en compte du rôle des barrages EDF et de l'étalement de l'inondation en plaine de Bourg d'Oisans. Par ailleurs, les études sur le comportement du barrage, menées sur un modèle réduit du site (1/60ème) par la Compagnie Nationale du Rhône, montrent que le barrage créé par un éboulement de 3 millions de m³ (cote 336) s'éroderait lentement et sans rupture brutale.

.../...

Par ailleurs, le collège d'experts, mandaté par la DGPR, a révisé à la baisse les niveaux d'aléa d'après l'expérience acquise par plus de 25 ans de surveillance. Le rapport définitif, rendu en janvier 2009, précise que la déstabilisation progressive du massif, avec des ruptures successives, devrait s'étaler sur quelques décennies. Le collège considère aussi comme hautement improbable que des volumes plus importants que 3 à 6 millions de m³ s'éboulent au cours des 50 prochaines années.

Les expertises spécialisées amènent donc à réviser les hypothèses sur la base desquelles la mission de 2004 avait travaillé. Je vous demande donc de mettre en place une nouvelle mission, dont l'objet est de reprendre les analyses et conclusions du rapport remis en 2004 pour ce qui concerne la nature et l'opportunité des parades à envisager, à la lumière des nouvelles expertises du collège d'experts, du SYMBHI et de la CNR.

Les services de l'Etat devront se prononcer au second semestre sur l'opportunité de réaliser les parades proposées par le SYMBHI, que financera en partie l'Etat. L'objectif étant d'arriver, si possible, à une position technique commune entre l'Etat et le Conseil général sur les parades, les inspecteurs prendront l'attache du préfet et des collectivités territoriales tout au long de leur mission. A ce stade la mission ne porte pas sur la négociation du plan de financement des ouvrages à réaliser.

Je souhaiterais disposer d'un rapport final le 30 septembre 2009.



Jean-Louis BORLOO



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

**Conseil général de l'environnement
et du développement durable**

Le Vice-Président

La Défense, le 14 MAI 2009

Note

pour

Monsieur le Ministre d'Etat,
Ministre de l'écologie, de l'énergie,
du développement durable
et de l'aménagement du territoire

Référence CGEDD n° 006686-01

Par note du 20 avril 2009, vous avez demandé au Conseil général de l'environnement et du développement durable de diligenter une mission concernant le site des "Ruines de Séchilienne".

Je vous informe que j'ai désigné MM. Jean-Louis DURVILLE, Pierre GARNIER, ingénieurs généraux des ponts et chaussées et Jean-Louis PICQUAND, ingénieur en chef des ponts et chaussées, pour effectuer cette mission.

Claude MARTINAND

Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

www.cgedd-sg@developpement-durable.gouv.fr

Tour Pascal B - 92055 La Défense cedex - Tél : 33 (0)1 40 81 21 22 - Fax : 33 (0)1 40 81 23 24

Annexe 2

Personnes rencontrées

1. personnes des milieux politiques et associatifs

<i>Nom</i>	<i>Fonction</i>
Issaindou Michel	Député de l'Isère
Migaud Didier	Député de l'Isère
Veyret Robert	Vice Président du Conseil Général de l'Isère, Président du SYMBHI
Strapazon Gilles	Maire de St-Barthélémy-de-Séchilienne, conseiller général
Cret Gérard	Maire de Séchilienne
Gros Serge	Maire de Vizille
Coiffard Denis	Premier Adjoint au Maire de Vizille
Alessandri et ses collaborateurs	Président du CARS

2. personnes des milieux administratifs et techniques

<i>Nom</i>	<i>Fonction</i>
Dupuy Albert	Préfet de l'Isère
Arathoon Charles	Directeur Départemental de l'Équipement
Levrant Anne Marie	Chef du Service des risques naturels et hydrauliques (DGPR)
Kahan Jean-Marc	Directeur du service technique de l'énergie électrique, des grands barrages et de l'hydraulique (DGPR)
Postic André	Chef du service de prévention des risques (DDE 38)
Roques Laurent	Service de Prévention des risques (DDE 38)
Pothérat Pierre	CETE de Lyon (mécanique des roches)
Kaperski Johan	CETE de Lyon (mécanique des roches)
Degoutte Gérard	Expert en hydraulique (Cemagref)
Panet Marc	Président du collège d'experts
Seilles Jean-Michel	Directeur du SYMBHI
Belleville luc	Directeur adjoint du SYMBHI
Verdeil Daniel	Responsable du pôle maîtrise d'ouvrage (SYMBHI)

<i>Nom</i>	<i>Fonction</i>
Manin Olivier	Chef du projet Romanche (SYMBHI)
Demmerle Daniel	Assistant à la maîtrise d'ouvrage du SYMBHI
Fourcade Benoit	Hydrétudes
Reynaud Sylvain	Compagnie Nationale du Rhône Laboratoire d'Hydraulique

Annexe 3

Rapport des experts

Ruines de Séchilienne

B.Chastan, P.Sergent, JM.Tanguy

Réponses aux questions posées par la mission. Octobre 2009

1) Hydrogrammes d'entrée dans la plaine de Bourg-d'Oisans

2) Ecrêtement de la crue par la plaine de Bourg d'Oisans

L'hydrologie de cette zone, montagneuse, est naturellement compliquée compte tenu de la complexité des interactions entre pluies et reliefs. Ceci a amené au cours du temps à revenir de nombreuses fois, entre 1995 et 2008, sur les paramètres qui en décrivent le fonctionnement et notamment sur les caractéristiques des hydrogrammes des affluents concernés (Vénéon, Lignarre, Rive, Sarenne, Eau d'Olle).

Ce processus se poursuit. Il est très vraisemblable que EDF travaille actuellement pour ses besoins propres à la reprise de l'étude du fonctionnement hydrologique du système avec des méthodologies plus récentes (SHADEX + MORDOR), encore en développement du point de vue scientifique et technique. Celles-ci permettront à terme de tenir compte de manière beaucoup plus approfondie de la répartition de la pluie en s'appuyant sur une classification des événements générateurs en types de temps (conditions synoptiques) et en utilisant des modélisations pluie-débit des bassins concernés. Il conviendra en temps utile d'accéder à ces résultats et de procéder aux analyses de compatibilité avec les valeurs adoptées aujourd'hui.

Les modifications successives aboutissent à proposer des hydrogrammes et un fonctionnement (horlogerie des crues) qui semblent cohérents avec les observations disponibles et le rôle admis pour les barrages présents dans le système. Il faut néanmoins souligner qu'il n'était ni dans nos possibilités ni dans nos compétences d'accéder à l'ensemble des études hydrologiques et des données disponibles pour en faire une analyse suffisamment approfondie.

Mais il est également important de noter que les variantes examinées conservent les débits de pointe de la Romanche à l'aval de la confluence avec l'Eau d'Olle, autrement dit sont cohérentes avec les observations aval (tirées notamment de la station de Champeau). En effet, pour les questions posées (i.e. le risque au niveau des ruines de Séchilienne), la connaissance fine des valeurs et de la composition des débits au niveau de la plaine de Bourg d'Oisans est beaucoup moins importante que celle de la représentativité du débit total de la Romanche à l'aval de la dernière grande confluence (on conçoit évidemment que ce point de vue ne peut pas être adopté pour l'étude de l'aléa d'inondation de la plaine ni pour le schéma d'aménagement de la Romanche).

A cet égard, les deux graphiques fournis à l'annexe 3 de la note Hydrétudes / Réponse à la mission d'inspection générale territoriale / septembre 2009, relatifs aux statistiques de crue à

Champeau et à Séchilienne, montrent une certaine régularité de la croissance des débits largement au delà de la vingtennale et accréditent le fait que l'effet de saturation du bassin (pivot du gradex) se manifesterait pour des occurrences plus rares que ce qui a été admis jusqu'à présent. Dans ces conditions, l'ordre de grandeur proposé in fine (550 m³/s ou un peu moins) apparaît plus vraisemblable que les valeurs initialement proposées nettement supérieures à 650 m³/s. Ceci est cohérent avec une hypothèse de stockage/laminage dans la plaine de Bourg d'Oisans, hypothèse tout à fait vraisemblable au vu de la géométrie des lieux et par ailleurs vérifiée par les modélisations hydrauliques au delà des imperfections éventuelles de leurs calages.

Une faiblesse globale des modélisations hydrauliques tient au fait que les calages sur les crues historiques ne peuvent se faire dans des conditions complètement satisfaisantes, faute d'observations suffisantes et fiables de ces événements dans un repérage absolu. Il est en effet regrettable que la crue du 22 septembre 1968 n'ait pas pu être exploitée : c'est la seule crue vraiment débordante enregistrée (stations Chambon amont et Champeau). Les simulations de calage effectuées par Hydrétudes font référence aux travaux d'Hydratec (2005) –non examinés dans la présente expertise- dont on peut craindre qu'ils ne disposent pas davantage des caractéristiques hydrauliques de la crue de 1968 et ne s'appuient que sur des crues non débordantes. Il faut rappeler en particulier que les coefficients de frottement peuvent varier avec le débit de crue. En conséquence, les résultats sont entachés d'incertitudes, par ailleurs difficiles à estimer. Il manque une véritable étude de sensibilité des résultats aux variations de paramètres, qui permettrait de mieux cadrer la fiabilité des valeurs finalement proposées. Plus exactement, cette étude de sensibilité a peut être été faite « par morceaux » et au fil de l'avancée du travail par le chargé d'étude et, si c'est le cas, les résultats principaux devraient en être extraits, regroupés et analysés en un chapitre dédié. La note citée fait état de tests de sensibilité conduisant à ne pas différencier la rugosité du fond de celle des berges dans les sections droites de l'écoulement ; c'est bien, mais il faudrait avant tout s'intéresser à la stabilité des résultats vis à vis des évolutions de la distribution spatiale longitudinale des paramètres le long de l'axe d'écoulement.

Il convient néanmoins de tempérer cette critique en soulignant les points suivants :

- 1) La condition aval au Pont de la Vena a bien fait l'objet d'une analyse particulière et l'insensibilité des résultats à cette condition (plus exactement la dissipation de son remous dans le tronçon non perturbé à son amont) est mentionnée. Cependant, l'adoption d'une condition aval en régime uniforme au droit d'une singularité est suspecte de manière générale au plan hydraulique. L'adoption de cette condition devrait être argumentée dans le rapport de manière plus complète en faisant état des différentes simulations effectuées dans ce but, en permanent et en transitoire ;
- 2) La comparaison entre valeurs calculées et valeurs observées lors de la crue de 2008 est encourageante ;
- 3) A nouveau, pour la question posée (risques au niveau des Ruines de Séchilienne), on peut raisonnablement induire que les imperfections de calage affectent peu, dans la mesure où le débordement est généralisé dans la plaine au delà de la cinquantennale, l'effet d'écêtement de la plaine pour la centennale, évalué à 300 m³/s.

Il reste utile, ici également, de consolider les résultats de la modélisation en s'appuyant sur l'observation appropriée d'un ou plusieurs événements sur la Romanche.

3) Impact d'une crue sur le barrage naturel

Nous n'avons pas de remarques particulières sur les facteurs d'échelle pris en compte pour la modélisation physique : la représentation au 60 ème est classique et permet une étude sur modèle

sans distorsion ; les granulométries G1 et G2 ont été proposées par les experts en référence aux matériaux en place et la représentation utilisée par CNR (cf graphique page 39/ rapport CNR / Parades hydrauliques aux ruines de Séchilienne ; Etude des modalités de rupture du barrage naturel sur modèle réduit physique/ volume 2 conception du modèle physique) est satisfaisante.

L'objectif des essais réalisés par la CNR est d'essayer d'envelopper suffisamment les situations de risque susceptibles d'apparaître.

Le premier type d'essai (dit transitoire) fait arriver une crue sur un éboulement déjà en place, installé hors crue. La séquence de remplissage de la retenue, débordement par dessus l'ouvrage, installation d'un contrôle, dynamique de l'érosion avec pavage puis dépavage et déplacement du contrôle, est complexe. Le fait que le débit de surverse, au moment du sur-débit maximum, soit du même ordre de grandeur que le débit entrant à cet instant, ne semble pas interprétable simplement. On note également la sensibilité des séquences de dépavage aux conditions initiales (formes et arrangements des matériaux en place au moment de l'arrivée de la crue) qui amènent à ne pas garantir la reproductibilité des expériences ; en outre, aucune relation entre valeur du débit entrant et valeur du sur-débit ne semble émerger de manière convaincante de ces expériences. Ces deux remarques posent problèmes quant à l'utilisation des résultats.

Dans le deuxième type (dit permanent), un débit constant, et maintenu constant dans le temps de l'essai, est introduit très rapidement dans le modèle. Dans ces conditions, les sur-débites apparaissent rapidement et leur valeur maximale semble pouvoir être mise en relation avec celle du débit incident. Pour un débit de pointe de crue donné, ce deuxième type est clairement pessimiste par rapport aux situations réelles attendues (éboulement se produisant au cours du passage de la crue de la Romanche).

Les essais en transitoire, avec les réserves signalées sur l'interprétation, conduisent à des sur-débites peu significatifs. Mais on note que les essais en permanent conduisent à des sur-débites croissants avec le débit entrant, et qui peuvent atteindre, en extrapolant les courbes obtenues, des valeurs équivalentes au débit entrant, doublant ainsi le débit incident (dans le cas du barrage à la cote 348). Dans le cas du barrage à la cote 336, les débits de pointe aval peuvent être également très élevés, respectivement de 440, 730 (extrapolation) et 1230 (extrapolation) m³/s pour un débit entrant correspondant à la crue décennale 330, centennale 550, et millénale 920 m³/s.

Pour aller un peu au delà de ce constat, nous soulignons le fait que nous ne percevons pas, à partir des seuls documents analysés et de leurs conclusions (cf chapitre 7 rapport CNR / Parades hydrauliques aux ruines de Séchilienne ; Etude des modalités de rupture du barrage naturel sur modèle réduit physique/ volume 1 synthèse des essais et résultats) l'argumentaire mis en place pour définir les événements de sûreté et de danger, ce qui nous laisse avec les interrogations suivantes compte tenu de l'effet multiplicateur de l'aléa produit par l'éboulement :

- Pourquoi s'appuie-t-on sur la crue centennale et pas sur une crue plus rare ? Autrement dit, des crues plus rares et, éventuellement pour des conditions d'éboulement plus pénalisantes, ont-elles été analysées ? Si de tels scénarios sont écartés, il conviendrait de bien en expliciter les raisons.
- Sur quel argumentaire établit-on le sur-débit de l'événement de sûreté en référence aux essais transitoires alors qu'on a souligné la difficulté d'exploitation des résultats des expériences correspondantes ?

SYNTHESE

trois points principaux

–Il manque une étude de sensibilité et une analyse sérieuse des incertitudes. Il faudrait pouvoir fournir les intervalles de confiance associés aux valeurs caractéristiques des débits fournies dans la zone d'intérêt.

–Il faudrait à l'avenir consolider la validation des modélisations en s'appuyant davantage sur des observations.

–L'exploitation des essais dits en transitoire sur modèle réduit physique est délicate compte tenu de la non reproductibilité des essais.

une remarque complémentaire

Le choix de la fréquence centennale pour définir les événements de sûreté et de danger n'est pas argumenté dans les documents techniques fournis.

Annexe 4

Essais CNR sur modèle réduit

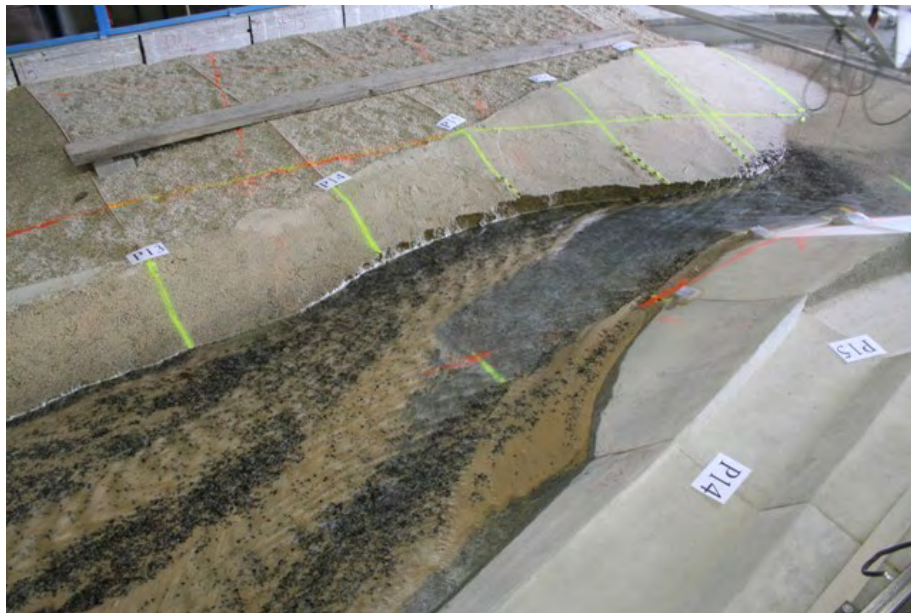


Photo prise après la surverse (le barrage est à droite de la photo)

Essai n° 13 crue centennale Comparaison des débits entrant et sortant de la retenue constituée par le barrage naturel

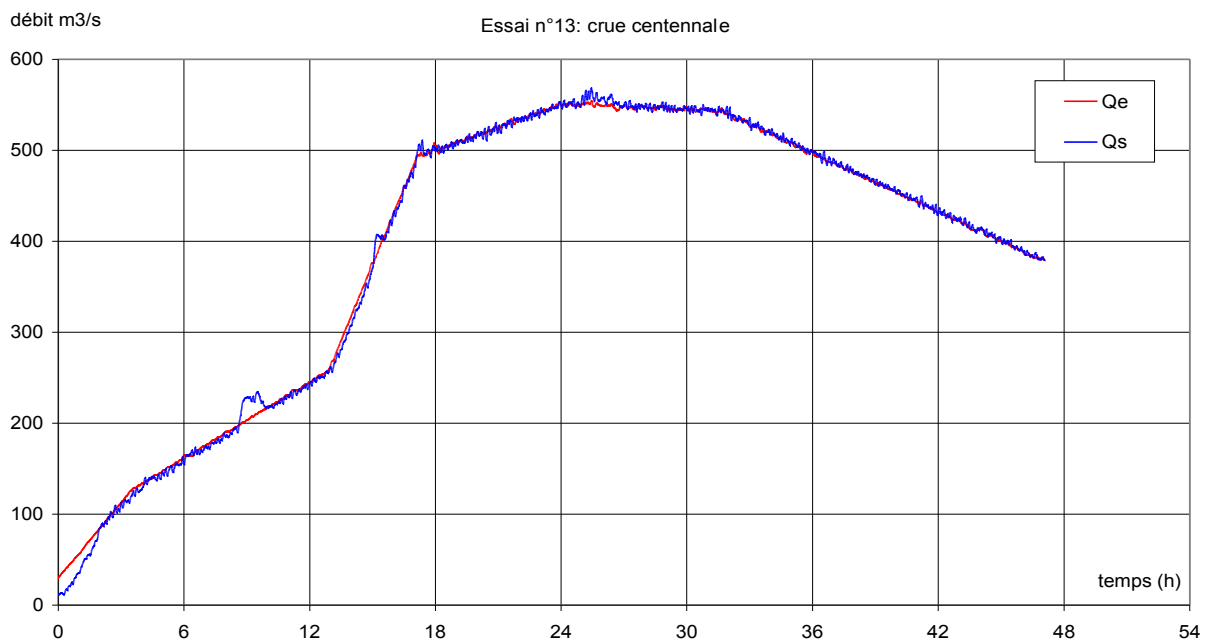


Figure tirée du rapport CNR de décembre 2008

Commentaires :

Sur ce graphique synthétisant les mesures faites sur modèle réduit (barrage à la cote 336) pour une crue centennale évaluée à $550 \text{ m}^3/\text{s}$, on constate aisément deux aspects marquants.

- D'une part, le volume d'eau de la retenue, évacué dans le cadre des sur-verses (surface comprise entre les 2 courbes), est extrêmement faible en regard des volumes d'eau de la crue (surface sous la courbe rouge, Q_e : débit entrant)
- D'autre part, on voit que pratiquement tout le volume d'eau de la retenue est évacué bien avant le pic de crue. On comprend alors que des apports d'eau plus importants (par exemple crue millénaire), arrivant toujours après cette période de montée en puissance de la crue, n'ont pas un effet différent.

Le sur-débit instantané à $t = 9/10 \text{ h}$ n'influe nullement sur le maximum enregistré à l'aval atteint à $t = 25 \text{ h}$, lequel dépasse à peine le maximum de la crue naturelle Q_e .

Annexe 5

Principaux rapports récents consultés

CGPC-IGE

Le risque d'éboulement des Ruines de Séchilienne : quelles parades techniques ?
Mars 2005.

Sogreah

Risque majeur de Séchilienne. Étude hydraulique d'inondabilité et des parades à court terme.
Rapport de phase 1. Mars 2005.

BCEOM

Expertise hydrologique de la Romanche dans la plaine de Bourg d'Oisans
Décembre 2005

Collège M. Panet

Rapport annuel 2005-2006 du collège d'experts.
Août 2006

Sogreah

Parades hydrauliques aux Ruines de Séchilienne. Étude de scénarios d'aménagement.
Rapport de phase n° 1. État de référence.
Juin 2008.

CNR

Parades hydrauliques aux Ruines de Séchilienne. Étude des modalités de rupture du barrage naturel sur modèle réduit physique au 1/60ème.
Rapport final. Novembre 2008.

Collège M. Panet

Scénarios d'évolution du versant des Ruines de Séchilienne.
Rapport du collège d'experts. Janvier 2009

Hydrétudes

Schéma d'aménagement de la Romanche.
Note hydrologique. V5. Mars 2009.

Hydrétudes

Plaine de Bourg d'Oisans. Étude d'aléa d'inondation. Étude hydraulique.
Rapport minute V1.2. Mai 2009.

R&R consultants

Versant instable des Ruines de Séchilienne. Hypothèse d'extension ouest de la zone frontale.
Évaluation du volume et de l'incidence sur la cote du barrage.
Juin 2009.

Collège M. Panet
Rapport annuel 2008-2009 du collège d'experts.
Août 2009

Sogreah.
Parades hydrauliques aux Ruines de Séchilienne. Étude de scénarios d'aménagement.
Rapport de phase n° 2. Étude de pré-faisabilité de plusieurs scénarios d'aménagement.
Septembre 2009.

Hydrétudes
Réponse à la mission d'inspection générale.
Note ARI_08-094_vo. Septembre 2009.

CETE de Lyon.
Note technique CETE-NT_Séchilienne_091009.
Octobre 2009.

Ruines de Séchilienne: mesures à prendre face aux risques

Glossaire des abréviations

CETMEF: Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales

CGDD: Commissariat Général au Développement Durable

CNR: Compagnie Nationale du Rhône

DGPR: Direction Générale de la Prévention des Risques

DRI: Direction de la Recherche et de l'Innovation

PPRI: Plan de Prévention des Risques d'Inondation

Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Développement durable
Prévention des risques
Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

Conseil général de l'Environnement
et du Développement durable

7^e section – secrétariat général

bureau Rapports et Documentation
Tour Pascal B - 92055 La Défense cedex
Tél. (33) 01 40 81 68 12/45