

Paris le 28 décembre 2004

Note pour

**Monsieur le ministre de l'écologie et du
développement durable**
**Monsieur le ministre de l'équipement, des
transports, de l'aménagement du territoire, du
tourisme et de la mer**

Objet : Risque d'éboulement des ruines de Séchilienne
Affaire n° IGE/04/007

Par lettre du 3 mai 2004, vous avez demandé que soit diligentée une mission conjointe IGE/CGPC qui permette, s'agissant des éboulements possibles de moyen et long terme sur le site de Séchilienne (38) :

- de rencontrer les acteurs concernés notamment au niveau local ;
- de proposer des parades techniques nécessaires pour assurer la permanence de l'accès à l'Oisans et l'écoulement des eaux de la Romanche) ;
- de donner la liste des études à entreprendre pour en préciser la définition, et, à partir des données disponibles, donner une première approche des coûts/avantages des diverses solutions ;
- de donner des points de comparaison avec les parades mises en œuvre sur d'autres sites du même type ;
- de faire une analyse de l'intérêt à agir des différents partenaires donnant des indications sur les maîtres d'ouvrage et clefs de financement possible.

La mission a rencontré plus d'une centaine d'intervenants, a utilisé les conclusions du rapport Panet, et s'est appuyée sur un groupe d'appui et d'expertise scientifique ad hoc, et, sur les nombreuses études existantes et trois études financées à sa demande par la DPPR et la DE. Compte tenu de la difficulté de l'approche "Risques" dans son double aspect humain et économique, elle a soumis ses méthodes et conclusions à un groupe restreint d'économistes d'une part, de responsables du CGPC et de l'IGE d'autre part.

- La mission après avoir examiné la perception des acteurs locaux a noté une inquiétude, croissante et, une difficulté à s'approprier les attitudes de l'Etat qui ont été perçues tour à tour comme alarmistes et rassurantes, et sauf exception, une véritable attente vis-à-vis des initiatives préfectorales en 2004 (plan en 10 points du Préfet mai 2004).
- En ce qui concerne la démarche, la mission souligne que la combinaison d'un aléa géologique (éboulement) « progressif et irréversible », d'un aléa hydraulique (crue) probabilisable, et d'un risque industriel (dont des établissements Seveso) n'a pas encore donné lieu à une méthodologie bien établie. Il a donc fallu "expérimenter" d'autant que nombre de données sont approximatives.

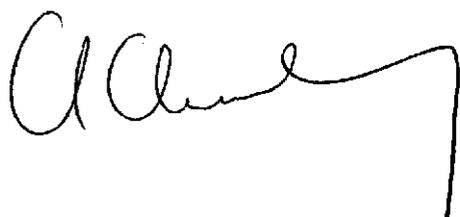
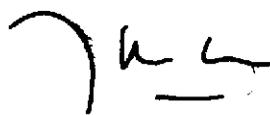
- La mission en ce qui concerne les aléas et les enjeux, retient les scénarios avalisés par le groupe Panet correspondant à 4 niveaux de lac naturel créé par l'effondrement de la masse rocheuse et, après la rupture du barrage improvisé, à 4 zones d'inondation touchées allant de Vizille à Grenoble. Ces scénarios mettent en jeu 5000 à 200000 habitants, de nombreux établissements industriels (plusieurs milliers d'emplois, une dizaine d'installations Seveso seuil haut ...) et de nombreux équipements publics.
- Malgré l'imprécision des chiffres, la mission estime que le risque est majeur : il entraînera des pertes de vies humaines (de quelques unes à au delà de cent) et des coûts économiques se chiffrant en milliards d'euros. Par ailleurs l'accès à l'Oisans (10000 habitants) sera très précaire après l'effondrement et l'économie touristique (≈80000 lits) sera sinistrée. C'est donc une catastrophe qui pourrait avoir une visibilité nationale et, qu'il s'agit d'éviter.
- Comme elle y était invitée la mission a recherché des sites analogues (3 en France, 1 en Suisse, 1 en Italie), elle note qu'ils ont toujours été traités avec des parades lourdes (plusieurs millions voire dizaine de millions d'euros) pour des enjeux parfois moindres.
- En ce qui concerne les parades, la mission préconise :
 - la mise en œuvre immédiate d'une nouvelle déviation routière (13 M€) sur le versant gauche de la vallée et de casiers hydrauliques ralentisseurs à l'aval du site (3.5 M€)
 - la mise à l'étude immédiate d'une galerie hydraulique de grand diamètre en rive gauche (0.7 M€) permettant dans un an après constitution d'un maître d'ouvrage de décider de sa réalisation (77 M€), qui au terme de ses travaux paraît nécessaire à la mission.
- Pour la maîtrise d'ouvrage et le financement de ces parades, la mission propose de distinguer la parade routière et les parades hydrauliques ; pour la parade routière un dispositif du type "contrat de plan" pourrait être étudié pour 2005. Il est rappelé que la RN 91, accès à l'Oisans, fait partie des itinéraires transférables au département. Les casiers et la galerie hydraulique relèveraient plutôt (hors peut être les études de faisabilité) d'une maîtrise d'ouvrage de collectivité, avec des financements adaptés au moyen et long terme probable de son emploi (prêt longue durée complétant les contributions des partenaires, que le rapport passe en revue).

En conclusion la mission propose qu'après examen interministériel du rapport (DPPR, DR, DE, D4E, DDSC, DATAR) un mandat précis soit donné au Préfet de l'Isère (en liaison avec le préfet de région) concernant le cadre des solutions à mettre en œuvre, avec les moyens correspondants.

Nous vous transmettons ce rapport et vous proposons une première liste de diffusion. Ce rapport a vocation à être public après que vous l'ayez pris en considération.

p/ Le chef de service de l'Inspection
Générale de l'Environnement

p/ Le vice-président du Conseil Général
des Ponts et Chaussées

Risque d'éboulement des ruines de Séchilienne - Affaire n° IGE/04/007

Plan de diffusion

Ministre de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer	1 ex
Cabinet	1 ex
Direction des routes	1 ex
Ministre de l'Écologie et du Développement Durable	1 ex
Cabinet	1 ex
D4E	2 ex
DE	2 ex
DPPR	3 ex
Agence de l'eau RMC	1 ex
Préfet de région Rhône Alpes	1 ex
Préfet de l'Isère	3 ex
CETE de Lyon	1 ex
Auteurs (chacun)	1 ex
Chef service IGE	1 ex
Documentation IGE	5 ex
Vice-Président du CGPC	1 ex
CGPC (bureau des rapports)	5 ex

**Le risque d'éboulement des ruines de
Séchilienne :
Quelles parades techniques ?**

par

Jean-Louis DURVILLE

Ingénieur Général des Ponts et Chaussées

Paul MADIER de CHAMPVERMEIL

Ingénieur Général des Ponts et Chaussées

membres du Conseil Général des Ponts et Chaussées

Philippe HUET

Ingénieur Général du Génie Rural, des Eaux et Forêts

Michel BADRE

Ingénieur Général du Génie Rural, des Eaux et Forêts

membres de l'Inspection Générale de l'Environnement

SOMMAIRE

RESUME.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 METHODE DE TRAVAIL	8
1.1 Organisation des travaux de la mission.....	8
1.1.1 Les études antérieures.....	8
1.1.2 Les personnes rencontrées.....	8
1.1.3 Les visites de terrain.....	9
1.1.4 Les études particulières engagées et leurs résultats.....	9
1.1.5 Le groupe d'appui et d'expertise scientifique (GAES).....	10
1.2 La méthode d'analyse des parades	11
2 DESCRIPTION DU PHENOMENE ET CARACTERISATION DES ALEAS.....	14
2.1 Les aléas géologiques.....	14
2.1.1 Historique de la connaissance du site.....	14
2.1.2 Description du phénomène géologique et de son évolution.....	15
2.1.3 Caractérisation des aléas géologiques.....	15
2.2 Les aléas hydrauliques.....	19
2.3 Synthèse et définition des scénarios d'aléas.....	21
3 LES ENJEUX ET LES RISQUES	23
3.1 Hiérarchisation des enjeux : sécurité des personnes ou enjeux matériels.....	23
3.2 Enjeux routiers – impact économique.....	24
3.2.1 Les mesures déjà prises.....	24
3.2.2 Les itinéraires de déviation existants.....	26
3.2.3 L'impact économique.....	27
3.3 Les enjeux d'urbanisme.....	29
3.3.1 A l'aval du site d'éboulement.....	29
3.3.2 A l'amont du site de l'éboulement.....	29
3.4 Les enjeux industriels.....	30
3.5 La perception du risque par les acteurs locaux.....	32
3.6 Synthèse sur les enjeux au regard des aléas.....	35
3.6.1 Les enjeux humains.....	35
3.6.2 Les enjeux économiques.....	36
4 LES PARADES TECHNIQUES.....	38
4.1 Les parades non retenues	38

4.1.1	L'abattage contrôlé du versant.....	38
4.1.2	L'intervention a posteriori par pompage	38
4.1.3	Le tunnel sous Belledonne.....	39
4.1.4	Le tunnel mixte, hydraulique et routier	39
4.2	Une parade mixte : le merlon de protection.....	40
4.3	Les parades routières	40
4.3.1	Déviations à l'air libre.....	40
4.3.2	Tunnel routier	41
4.4	Les parades hydrauliques.....	42
4.4.1	Les casiers hydrauliques.....	42
4.4.2	Les galeries de vidange de fond de la retenue	43
4.5	Synthèse sur les parades : coût, délai et performances.....	46
5	LES COMPARAISONS AVEC D'AUTRES SITUATIONS	49
5.1	Séchilienne et les autres risques de l'agglomération grenobloise.....	49
5.2	Le traitement de risques d'éboulement menaçant d'autres itinéraires ou d'autres lieux habités 50	
5.2.1	La RN 90 (Tarentaise) et la RN 212 (Val d'Arly).....	50
5.2.2	La route d'accès à Auron : La Clapière (Saint-Etienne-de-Tinée).....	52
5.2.3	L'accès à Zermatt : Randa (Valais suisse).....	54
5.2.4	Valpola (Lombardie, Italie).....	55
5.3	Le cas des crues rapides.....	56
5.4	Conclusion sur les comparaisons	57
6	PROPOSITIONS DE SOLUTIONS, ET DE DEMARCHE POUR L'AVENIR.....	58
6.1	Les stratégies de parades	58
6.1.1	Des parades hydrauliques, pour assurer d'abord la sécurité des personnes.....	58
6.1.2	Des parades routières justifiées d'abord par leur rentabilité économique	60
6.1.3	Hierarchisation des parades – solution de base et variantes	61
6.2	Maîtrise d'ouvrage et financement	62
6.2.1	Intérêt à agir des différents acteurs.....	62
6.2.2	Conséquences pour la maîtrise d'ouvrage	64
6.2.3	Conséquences pour le financement	65
6.3	Un outil permanent d'aide au débat public, et à la décision	67
6.4	Autres recommandations :	67
6.4.1	Mesures d'accompagnement des solutions techniques proposées.....	67
6.4.2	Justifier ou unifier les scénarios d'aléas à prendre en compte, et adapter les plans d'urgence 67	
6.4.3	Etudes et recherches méthodologiques.....	68
CONCLUSION		69

ANNEXES	71
Annexe 1 : Lettre de mission	71
Annexe 2 : Liste des plans	73
Annexe 3 : Schéma altimétrique du site	74
Annexe 4 : Liste des principaux rapports et documents d'études consultés	75
Annexe 5 : Extrait de l'avis du Groupe d'appui et d'expertise scientifique (GAES)	77
Annexe 6 : Les aléas, les enjeux, les parades - tableaux de synthèse	81
Annexe 6.1 Tableau de synthèse des aléas.....	81
Annexe 6.2 Tableau de synthèse des enjeux.....	82
Annexe 6.3 Tableau de synthèse des parades	83
Annexe 7 : Méthode de comparaison de l'efficacité des parades, au regard des aléas et des enjeux	84
Annexe 8 : Etude de risque - présentation des arbres d'événement	92
Annexe 9 - Etude de risque : analyse critique	93
Annexe 10 : Liste des personnes rencontrées	98
Annexe 11 : Table des abréviations et sigles utilisés	101

Résumé

L'éboulement des Ruines de Séchilienne, dans la vallée de la Romanche à vingt kilomètres en amont de Grenoble, constitue une menace importante pour la sécurité des personnes et des biens. Selon le volume de l'éboulement, la taille du barrage naturel instable qui en résulterait et les conditions de vidange du lac qui suivrait sa rupture, le nombre de victimes pourrait aller de quelques dizaines à quelques centaines ou plus, et les dégâts économiques se chiffrer en milliards d'euros : outre la desserte de l'Oisans, sont en effet menacées les zones fortement urbanisées et industrialisées de Vizille, Jarrie, et Pont-de-Claix, et la ville de Grenoble en cas d'événement de grande ampleur.

Les expertises géologiques, hydrauliques et socio-économiques disponibles ou effectuées à l'occasion de la mission ont permis de préciser les aléas et les enjeux. Le risque potentiel, croisement des aléas et des enjeux, apparaît comparable à celui des « crues rapides » du midi de la France pour l'éboulement de court terme (environ 3 millions de m³), considéré par les géologues comme probable dans les dix ans. Les éboulements d'une dizaine à une vingtaine de millions de m³, considérés comme possibles à échéance d'une à quelques décennies, provoqueraient des dommages humains et économiques considérables. Les dégâts seraient dans ce cas, certes, moins importants qu'en cas de rupture de barrage artificiel en amont d'une agglomération importante, mais leur probabilité d'occurrence apparaît comme nettement plus élevée.

Le risque d'éboulement des Ruines de Séchilienne constitue donc un risque naturel majeur, justifiant une action déterminée des pouvoirs publics nationaux et locaux, dans le prolongement des mesures déjà prises (suivi permanent du site, et expropriation d'habitations directement menacées), et à la suite du plan d'action en dix points mis en place par le préfet de l'Isère en 2004.

Le maintien du suivi permanent du site et le renforcement des plans d'alerte et de mise en sécurité constituent les premières de ces mesures. Même si ces mesures ne figuraient pas dans son champ d'investigation, la mission en rappelle l'importance essentielle pour limiter les risques pour les vies humaines.

La réalisation très rapide des « casiers hydrauliques » destinés à atténuer l'onde de crue résultant de la rupture du barrage dans l'hypothèse de court terme, et la construction d'une déviation routière dans le versant en rive gauche de la Romanche apparaissent s'imposer, en particulier pour éviter une interruption longue de la desserte routière de l'amont.

La réalisation d'un dispositif préventif de vidange de la retenue, par une ou plusieurs galeries hydrauliques dans le versant rive gauche, est le seul moyen de limiter les risques pour les pertes humaines à l'aval pour les éboulements moyens ou importants. Ce dispositif devrait être dimensionné pour permettre la mise en sécurité du site même pour des crues de temps de retour élevé. La mission préconise d'en entreprendre dès maintenant les études (certains points techniques restant à préciser), puis la réalisation.

Ces mesures sont très importantes pour protéger les vies humaines. Leur rentabilité économique apparaît par ailleurs élevée, en raison des enjeux menacés.

En revanche, la construction d'un tunnel routier n'a pas le même caractère d'urgence, son utilité n'étant avérée qu'à échéance de plusieurs décennies.

La maîtrise d'ouvrage et le financement de ces travaux (de l'ordre de 3,5 M€ pour les casiers hydrauliques, 13 M€ pour la déviation routière et 77 M€ pour la galerie hydraulique) nécessitent un accord entre l'Etat, les collectivités territoriales et certains acteurs socio-économiques directement concernés. Une négociation devrait être engagée très rapidement sur ce sujet, à l'initiative du préfet de l'Isère.

La mission a pu constater la forte sensibilité à ce risque des nombreux acteurs locaux, qu'elle a rencontrés. Par ailleurs, au-delà des décisions immédiates qui sont proposées, le caractère particulier de ce risque s'étendant sur plusieurs décennies nécessite la poursuite continue d'un débat public local de qualité sur l'évolution des risques réels et les mesures à prendre. C'est pourquoi la mise à disposition d'un outil permanent d'aide à la décision, à partir de tous les éléments disponibles sur les aléas, les enjeux et les parades, apparaît particulièrement justifiée à la mission, qui formule par ailleurs d'autres propositions d'étude.

Les travaux menés ont par ailleurs montré la nécessité de poursuivre avec la communauté scientifique et les acteurs socio-économiques la réflexion méthodologique sur l'évaluation et le traitement préventif de tels risques naturels majeurs. Ils ont confirmé la nécessité de plans d'alerte, et d'intervention en cas de crise, efficaces et suivis.

Introduction

Le risque d'éboulement des Ruines de Séchilienne, dans l'Isère, est connu de longue date et suivi avec une attention particulière depuis 1985. Il affecte le versant sud du Mont Sec, en rive droite de la Romanche à une quinzaine de kilomètres en amont de Grenoble. L'éboulement est susceptible de couper la Route Nationale 91 (Grenoble - Briançon par Bourg-d'Oisans et le Lautaret), située en fond de vallée, et surtout de barrer la vallée sur une hauteur importante. L'eau de la Romanche s'accumulant derrière ce barrage naturel créerait un lac, inondant un territoire plus ou moins étendu en amont. Mais le danger principal résulterait, dans ce cas, de la rupture inéluctable du barrage : l'onde de crue ainsi créée pourrait en effet inonder très rapidement, selon le volume de la retenue, le bourg de Vizille, les plates-formes chimiques de Jarrie et Pont-de-Claix, voire dans les hypothèses les plus défavorables, l'agglomération de Grenoble.

Ces aléas naturels d'éboulements géologiques et de crues préexistantes ou induites par l'éboulement peuvent mettre en danger la sécurité des personnes, les biens matériels ou les activités économiques à l'aval de Séchilienne, dans une zone densément peuplée et à forte activité industrielle entre Le-Péage-de-Vizille et Grenoble. A l'amont, la coupure durable de la nationale entraînerait un préjudice économique grave pour les vallées de l'Oisans (économie touristique, trajets journaliers). A proximité immédiate, le village de Séchilienne pourrait être en partie inondé par la retenue naturelle créée.

La vulnérabilité des zones menacées, à l'amont et surtout à l'aval de Séchilienne, apparaît donc considérable. Mais face à cette vulnérabilité, l'ampleur réelle du risque dépend de la probabilité du scénario de constitution et de rupture d'un lac important, fait générateur des dommages. Or cette probabilité est très difficile à apprécier. Elle fait d'ailleurs l'objet, depuis 1985, d'évaluations diverses, même au sein de la communauté scientifique. Face à l'inquiétude légitime des populations directement concernées, qui peuvent difficilement admettre que tout ne soit pas fait pour les protéger contre un tel aléa même si sa probabilité était jugée faible, la multiplicité des études et rapports publiés sur la question depuis quinze ans ne conduit pas à une décision qui s'impose.

Premier garant de la sécurité publique, l'Etat doit donc ici agir en situation de risque incertain, croisement d'une vulnérabilité très élevée et d'un fait générateur de dommages dont la probabilité est faible, mais mal connue¹.

A proximité immédiate du site, il a pris les mesures nécessaires pour limiter le danger, notamment en expropriant et évacuant, au titre de la loi du 2 février 1995, le lotissement dit de l'Ile-Falcon, directement menacé par le phénomène. La mise sous surveillance permanente du versant instable permet par ailleurs d'interrompre la circulation en cas de danger imminent et de déclencher les mesures d'évacuation ou de protection immédiates jugées nécessaires.

Cette surveillance du versant a aussi permis d'améliorer la connaissance et la compréhension du phénomène. L'Etat s'est appuyé pour cela sur un groupe international d'experts, présidé par le professeur Panet. Les rapports successifs du groupe, et notamment le dernier daté de décembre 2003, donnent une description et une interprétation non controversées des

¹ Cette situation se rencontre dans d'autres domaines, tels que les risques industriels ou sanitaires, par exemple.

phénomènes géologiques en cause et annoncent comme probable, dans les dix ans qui viennent, un éboulement d'environ 3 millions de m³, dit de « court terme », en une ou plusieurs phases. D'autres éboulements ultérieurs, dits de « moyen et long terme », sont ensuite considérés comme vraisemblables, pour des volumes et des échéances non prévisibles avec précision, mais mesurées plutôt en décennies.

Au vu de ces rapports d'expertise, et au-delà des mesures d'expropriation et de suivi permanent déjà mises en œuvre, l'Etat a chargé le préfet de l'Isère en février 2004 de prendre les mesures nécessaires à la prévention et le cas échéant à la gestion de crise, dans le cas des éboulements dits de court terme.

Il lui restait à apprécier la nature et l'opportunité des solutions techniques destinées à limiter les effets d'éboulements nettement plus importants, envisageables à moyen ou long terme. Aussi les deux ministres chargés de l'équipement et de l'environnement ont confié au Conseil Général des Ponts et Chaussées (CGPC) et à l'Inspection Générale de l'Environnement (IGE), par lettre annexée, une mission conjointe axée sur les points suivants : proposer les parades techniques aptes à réduire le risque, en évaluer la justification socio-économique, et examiner les solutions envisageables en matière de maîtrise d'ouvrage et de financement, après avoir rencontré les principaux acteurs concernés. Il était par ailleurs demandé de donner des points de repère à partir de l'expérience de sites comparables.

La mission était composée de Jean-Louis Durville et Paul Madier, ingénieurs généraux des Ponts et Chaussées, et de Philippe Huet et Michel Badré, ingénieurs généraux du Génie Rural, des Eaux et des Forêts. Ses travaux se sont poursuivis de mai à décembre 2004.

Le présent rapport donne les conclusions des travaux de la mission. Le nombre et l'importance des études sur lesquelles il s'est appuyé ont conduit à regrouper sur un support séparé (CD) les documents de référence utiles à la compréhension précise de certains développements.

La mission s'est attachée à proposer des critères d'aides à la décision immédiatement utilisables par les autorités qualifiées. La complexité et l'absence de référence méthodologique antérieurement établie en matière d'analyse coûts/avantages des parades pour ce type de danger séquentiel sur longue période ont cependant conduit à préciser les points qui semblaient justifier des approfondissements ultérieurs ou des réserves dans l'utilisation des résultats présentés.

1 Méthode de travail

1.1 Organisation des travaux de la mission

Le risque d'éboulement étant connu depuis 1985, la mission a bénéficié de l'existence de nombreux documents et rapports, qu'elle a consultés. L'appréciation actuelle des enjeux l'a amenée à rencontrer un grand nombre d'interlocuteurs locaux ou nationaux, voire étrangers.

Elle a par ailleurs jugé utile de faire effectuer quelques études complémentaires, nécessaires à la juste appréciation des parades utiles et surtout à l'évaluation de leur efficacité et de leur justification économique.

Enfin, elle a mis en place, pour les seuls besoins et la durée de la mission, un groupe d'appui, composé de scientifiques et d'experts (GAES).

1.1.1 Les études antérieures

Le risque d'éboulement des Ruines de Séchilienne a donné lieu à de très nombreuses études depuis 1985. La liste et les références des principales d'entre elles sont données en annexe.

Outre les renseignements fournis au cours des entretiens qu'elle a pu avoir, la mission s'est principalement appuyée dans ses réflexions :

- pour les questions géologiques, sur les études et rapports établis par le collège d'experts présidé par Marc Panet (rapports de 2000 et 2003), qu'elle a considérés comme une donnée d'entrée de ses travaux,
- pour l'évaluation des risques hydrauliques dus à la rupture d'un barrage naturel formé par le glissement, sur les études effectuées par SOGREAH (1989 et suivantes) à la demande de l'Etat pour définir les zones d'inondabilité correspondant à différentes hypothèses de rupture,
- sur une étude « synthèse des connaissances » (Lefort, 1998) et une étude historique CETE Lyon (1996 : étude bibliographique sur les ruptures de barrages naturels)
- pour l'évaluation des enjeux économiques menacés, sur une étude effectuée en 1995 par le LATEC (CNRS) à Dijon, à la demande de la DDE, en coopération avec le Pôle grenoblois des risques naturels, dont les données ont été actualisées,
- sur un rapport de synthèse (1995) du Pôle grenoblois des risques naturels.

1.1.2 Les personnes rencontrées

Conformément à la lettre de commande, la mission a rencontré nombre d'acteurs socio-économiques locaux, concernés à des titres divers par le risque d'éboulement : élus nationaux, régionaux et locaux, professionnels, associations, administrations concernées (liste en annexe).

La mission a travaillé en contact étroit avec le préfet de l'Isère, localement responsable pour ce qui concerne l'Etat de l'ensemble des mesures de prévention, et le cas échéant, de gestion de crise. Elle a par ailleurs bénéficié de l'appui permanent de la DDE de l'Isère pour toutes les données techniques nécessaires et la « mémoire » des interventions ou études passées.

Elle a présenté l'état de ses réflexions aux responsables² du CGPC et de l'IGE le 23 septembre 2004, et au préfet de l'Isère le 3 novembre 2004.

1.1.3 Les visites de terrain

La mission s'est rendue trois fois sur les lieux, accompagnée par la DDE, le CETE, le CETU, et le CIH d'EDF. Elle a parcouru les sites menacés, accompagnée de représentants du Comité des Ruines de Séchilienne. Elle a visité la Tarentaise en Savoie (RN 90), le site de Randa, dans le Valais suisse, où un éboulement de 30 millions de m³ s'était produit en 1991.

1.1.4 Les études particulières engagées et leurs résultats

Les études disponibles fournissaient les renseignements nécessaires à la définition des aléas géologiques et hydrauliques à examiner. La mission a pourtant jugé utile de faire mener des études complémentaires sur quelques points particuliers, non ou insuffisamment traités jusqu'ici :

- *la clarification des méthodes de calcul des débits de crues de la Romanche*, pour lesquelles étaient cités des chiffres significativement différents, provenant d'études diverses. Ce point a été traité pour la mission par EDF³. Il valide les chiffres repris plus loin comme estimation des crues décennales (400 m³/s) et centennales (880 m³/s) à Séchilienne,
- *le rapprochement entre les séries hydrologiques des débits de la Romanche et les séries pluviométriques, le plus près possible du site de Séchilienne*. En effet, les rapports d'expertise géologique s'accordent à dire qu'un épisode pluvieux important sur le site⁴ peut être déterminant pour le déclenchement d'un éventuel éboulement à Séchilienne. La simultanéité ou non des épisodes pluvieux à Séchilienne et des crues du bassin de la Romanche constitue donc un élément majeur pour l'appréciation de la probabilité de voir une crue au moins décennale ou centennale de la Romanche coïncider avec l'éboulement. L'indépendance ou non des probabilités des aléas géologiques et hydrauliques, dans les scénarios d'aléas retenus, en dépend directement. La note technique établie par EDF (Branche Production Ingénierie) à la demande de la mission le 26 octobre 2004, et figurant dans les documents sur support séparé annexé au présent rapport, conclut de façon claire à la forte corrélation entre les données pluviométriques et hydrologiques, et donc à la forte dépendance des aléas géologiques et hydrauliques,
- *la sécurité apportée, dans l'écrêtement des pics de crues de la Romanche, par la vidange partielle préventive des retenues EDF situées à l'amont* constitue un élément important pour le dimensionnement des éventuels ouvrages hydrauliques destinés à empêcher le remplissage d'une retenue créée par l'éboulement à Séchilienne. La note technique remise par EDF (Branche Production Ingénierie) le 22 novembre 2004, également jointe aux documents sur support séparé, montre que cet effet de « creux préventif », qui suppose une bonne efficacité du système d'alerte préalable à un

² MM Jean-Pierre Giblin et Hubert Peigné pour le CGPC, Jean-Luc Laurent et Michel Burdeau pour l'IGE

³ (rapport du 28 10 2004 transmis à la mission, faisant suite à une réunion du 27 10 2004 entre EDF, la DDE, SOGREAH, le CG de l'Isère)

⁴ Cf. notamment dans le rapport du GAES, l'avis exprimé par Pierre Habib, particulièrement explicite sur ce point.

éboulement, n'apporte qu'un effet assez marginal à l'écrêtement du pic de crue dont on vient de voir qu'il pourrait être simultanément avec l'éboulement : il n'a donc pas été pris en compte dans les calculs de dimensionnement des galeries, cités plus loin. Il reste cependant intéressant de prévoir ce dispositif, qui apporte une sécurité supplémentaire dans la gestion de la crise : si le risque d'éboulement peut être annoncé au moins 36 heures à l'avance comme l'indiquent les expertises géologiques, l'écrêtement du pic de crue peut être de l'ordre de 10 à 20%, ce qui est intéressant pour une crue d'ampleur exceptionnelle.

Par ailleurs, les expertises techniques nécessaires à la définition des parades routières et à l'évaluation de leur coût et de leur délai de mise en œuvre ont été effectuées, à la demande de la mission, par la DDE de l'Isère.

Enfin, la mission a fait effectuer, en sous-traitance, deux études techniques particulières, dont les résultats étaient nécessaires à la mise en œuvre de la méthode décrite ci-après au § 1.2, et qui faisaient appel à des compétences spécifiques :

- ***L'étude de dimensionnement, et de coût, des galeries hydrauliques correspondant aux différents niveaux de performance requis*** : la réalisation de galeries susceptibles de débiter jusqu'à 1000 m³/s n'a en effet d'équivalent que dans les dispositifs évacuateurs de crues de gros barrages hydrauliques. C'est pourquoi il a été fait appel au CIH EDF, pour une évaluation, sommaire à ce stade, mais nécessitant toutefois une expérience réelle de tels chantiers. Le résultat de cette étude (rapport EDF du 6 août 2004) fait également partie des documents sur support séparé, les données chiffrées étant celles qui sont utilisées plus loin dans le rapport (cf. § 4.3.2 et 6.1.1). Ces données ont été rapprochées des estimations faites précédemment par la DDE.
- ***L'étude économique des scénarios de dommages associés à chaque scénario d'aléas, et du bilan coûts/avantages de chaque stratégie de parade*** : ce point est repris dans l'annexe 7.

1.1.5 Le groupe d'appui et d'expertise scientifique (GAES)

La lecture des nombreuses expertises, généralement non recoupées entre elles, et les points de vue exprimés devant la mission par les acteurs multiples impliqués dans les décisions à prendre, ont montré un besoin de cohérence dans l'analyse même des phénomènes et des situations.

Les questions posées touchent à des disciplines très diverses : géologie, mécanique des sols et des roches, hydraulique, statistique, risques industriels, histoire, économie, ...

Elles font appel à des raisonnements d'aide à la décision jusqu'ici peu développés en France en matière de risques naturels, confrontant des probabilités d'occurrence très faibles⁵ à des enjeux socio-économiques très forts.

⁵ La notion même d'approche probabiliste, adaptée à l'analyse des aléas hydrauliques tels que les crues, est d'ailleurs sujette à caution pour les aléas géologiques du type de ceux de Séchilienne, dont l'éboulement dépend d'un phénomène physique mal probabilisable. La représentation de sa possibilité d'occurrence une année donnée par une valeur de probabilité est une façon simplifiée de modéliser le phénomène, pour les seuls besoins du calcul économique.

C'est pourquoi la mission a souhaité pouvoir s'appuyer sur un groupe d'experts, choisis pour leur expérience reconnue dans les principales disciplines en cause, et qui puisse lui donner des avis éclairés sur l'état des connaissances sans lancer d'études complémentaires mais en s'appuyant sur leur propre expérience.

Les membres de ce « Groupe d'Appui et d'Expertise Scientifique » (GAES), indépendants dans leur expertise et responsables seulement devant la mission, étaient :

- Gérard Brugnot, délégué aux risques majeurs du CEMAGREF, animateur du groupe,
- Gérard Degoutte, hydraulicien, membre du CGGREF, rapporteur au Comité Technique Permanent des Grands Barrages,
- Pierre Habib, professeur honoraire de mécanique des sols à l'Ecole Polytechnique,
- Agnès Vallée, ingénieur d'étude à l'INERIS, spécialiste en risques dans les installations industrielles,
- Christian Wilhelm, spécialiste suisse en économie des risques naturels,
- Denis Cœur, historien des risques naturels.

Pour le strict aspect du calcul économique et statistique, la mission a estimé nécessaire de consulter des spécialistes réunis à cet effet. Le compte-rendu de leurs travaux figure en annexe 9.

Consultés individuellement à différents stades des études, les membres du GAES ont remis un rapport collectif, joint aux documents consultables sur support séparé, dont un résumé figure en annexe 5.

1.2 La méthode d'analyse des parades

La démarche suivie a consisté :

- à caractériser aussi précisément que possible les aléas géologiques et hydrauliques, à partir des expertises antérieures disponibles,
- à identifier les enjeux menacés et évaluer leur vulnérabilité au regard de ces aléas,
- à définir les parades techniques envisageables, leur coût, leur délai de mise en oeuvre et leur niveau de performance (défini comme leur capacité à réduire les dommages) en fonction de l'intensité des aléas,
- à développer une méthode de calcul rapprochant l'évaluation économique des dommages, avant et après parade, et le coût de la parade, en tenant compte de la probabilité d'occurrence des aléas contre lesquels la parade est efficace,
- à évaluer les limites de validité d'un tel calcul économique, en fonction des hypothèses souvent simplificatrices adoptées, de l'algorithme utilisé, de la sensibilité des résultats à la variation de certains paramètres représentatifs de données mal connues, et de l'acceptabilité sociale de risques que leur seule évaluation économique ne saurait représenter.

Les questions méthodologiques posées par les étapes ainsi décrites sont brièvement exposées ci-après :

- **La caractérisation des aléas** résulte directement de l'analyse des travaux d'experts précédemment réalisés, sous réserve de quelques ajustements ou compléments déjà cités (justification du calcul de la crue centennale de la Romanche, ou évaluation de la liaison entre éboulement et crue de la Romanche). En revanche, la construction d'un

modèle de calcul représentatif de la succession des aléas géologiques, pour les besoins de l'approche économique, pose des questions délicates, détaillées en annexe 7.

- **L'évaluation des enjeux** menacés a été menée dans le cadre de l'étude sous-traitée citée au § 1.1.3. Elle a conduit à distinguer :
 - les atteintes aux personnes,
 - les dommages aux biens (constructions, infrastructures, etc.),
 - les pertes d'activité économique.

Le calcul s'est fondé sur des évaluations forfaitaires à partir des bases de données numérisées disponibles pour les enjeux (en particulier celles du cadastre pour les dommages aux constructions) et de fonctions d'endommagement pour les constructions. Ces données sur la vulnérabilité des zones menacées ont été rapprochées des données relatives à l'inondabilité, résultant des études hydrauliques existantes, dans chacun des scénarios d'aléas étudiés. L'imprécision des hypothèses (par exemple sur la topographie et les modèles d'écoulement hydrauliques, qui ne donnent que des ordres de grandeur pour les aléas importants, et sur l'endommagement des constructions en fonction des vitesses et hauteurs d'eau et types de construction) a conduit à faire des calculs de sensibilité en faisant varier les paramètres les plus significatifs.

Pour les enjeux économiques d'amont et les enjeux industriels⁶, les données utilisées proviennent des études existantes, le cas échéant actualisées.

- **La définition des parades** a été menée avec l'aide de la DDE de l'Isère, et avec EDF. Elle a conduit à définir et étudier :
 - trois niveaux de parades routières : déviation « basse » dans le versant rive gauche, déviation « haute » dans le même versant, et tunnel routier,
 - deux types de parades hydrauliques : des « casiers hydrauliques » (ouvrages de ralentissement à l'aval, destinés à écrêter l'onde de crue provoquée par la rupture d'un barrage naturel de hauteur limitée), ou des galeries de vidange de fond destinées à empêcher le remplissage d'une retenue à l'amont du glissement et donc sa vidange, en cas de rupture. Plusieurs dimensionnements ont été envisagés, correspondant à divers débits d'évacuation.

Sans avoir le degré de précision d'un avant-projet, ces études ont permis de définir les dimensions, les performances, les délais de mise en œuvre et les coûts des différentes solutions techniques envisageables. Elles n'ont pas posé de question méthodologique réellement délicate, au-delà du caractère très inhabituel par l'importance des débits, des galeries hydrauliques étudiées⁷.

- **La méthode de calcul économique** de l'intérêt des parades est décrite dans l'annexe 7. Elle a nécessité le développement d'un modèle spécifique, puis l'analyse critique de ce modèle. En effet, les contacts pourtant nombreux pris au cours de la mission n'ont pas permis de trouver de précédent méthodologique directement transposable, en raison

⁶ Pour lesquels aucune étude d'ensemble complète n'existe.

⁷ L'hypothèse d'un tunnel routier sous Belledonne correspondrait à un ouvrage de plusieurs dizaines de km, d'un coût extrêmement élevé, et ne résoudrait ni le problème hydraulique ni les difficultés du trafic local. Il n'a pas été jugé utile de l'expertiser plus avant.

des caractéristiques des séquences d'évènements géologiques envisagés et de leur juxtaposition avec les aléas hydrauliques.

Le modèle utilisé par le chargé d'étude⁸ repose sur une comparaison entre le coût des parades et l'économie qu'elles apportent sur le « dommage statistique annuel » ; ce dernier est calculé à partir des scénarios d'aléas pondérés en fonction de probabilités supposées indépendantes.

L'analyse critique de ce modèle est apparue indispensable à la mission, à défaut de disposer d'une méthode déjà validée. Elle a été menée avec l'appui de quelques spécialistes en économie et statistiques réunis par la mission à cet effet⁹. Elle a conduit à modifier sensiblement certains résultats, en particulier pour intégrer la dépendance des aléas les uns par rapport aux autres (les aléas géologiques sont séquentiels, non reproductibles, et liés aux aléas hydrauliques).

Par ailleurs, au-delà du seul calcul économique et de ses résultats, la prise en compte d'une notion « d'acceptabilité du risque » par la société est apparue nécessaire. Celle-ci dépend pour partie du **nombre potentiel de victimes**, non comparable avec les pertes strictement économiques¹⁰.

La mission a donc intégré dans ses propositions (cf. ci-après § 6) des éléments non directement liés au seul résultat des calculs économiques, mais relevant d'une approche plus globale.

⁸ Dont on rappelle qu'il avait été retenu dans le cadre du marché cité au § 1.1.4, passé après appel d'offres ouvert.

⁹ cf. en annexe 9 le compte-rendu des travaux de ces experts.

¹⁰ Elle dépend aussi d'autres facteurs : chacun sait par exemple que la perception par la société des risques liés à l'énergie nucléaire, au développement de certaines maladies rares ou aux accidents de la route n'est pas uniquement liée au nombre de victimes de chacun de ces types de risques.

2 Description du phénomène et caractérisation des aléas

2.1 Les aléas géologiques

2.1.1 Historique de la connaissance du site

Suite à des chutes de blocs ayant atteint la RN 91 lors de l'hiver 1985, des reconnaissances géologiques menées sur le versant montrent que celui-ci est affecté par une déformation profonde, d'origine certainement ancienne, mais encore active. Les chutes de blocs ne sont donc qu'un épiphénomène, par rapport au volume mobilisé évalué à plusieurs millions de mètres cubes, voire plusieurs dizaines de millions.

Un système de surveillance est installé par le CETE de Lyon depuis 1986, progressivement développé et automatisé au cours des années. Il comprend des capteurs pluvio- et nivométriques, extensométriques (ouverture de grandes fractures), des mesures de distance depuis la cabine de Montfalcon située sur le versant opposé et des mesures géodésiques périodiques de contrôle. Les mesures automatisées sont télétransmises toutes les deux heures, via le poste des Thiébauds, au CETE de Lyon.

En 1992, une expertise est demandée par le ministère chargé de l'environnement (rapport « Filliat »). Il confirme l'existence d'un risque à court terme (3 ans !) et la nécessité de creusement de galerie de dérivation en rive gauche de la Romanche.

Une galerie de reconnaissance géologique de 220 m de long est creusée dans le versant des Ruines en 1992 - 1993 et instrumentée (cf. cartes en annexe). Elle est située dans une zone mobile (mais relativement peu active) et équipée de repères topographiques, mais on constate qu'elle n'atteint pas le rocher stable.

Des levés géologiques et structuraux détaillés et des études par photo-interprétation sont effectués au cours des années quatre-vingt-dix (LCPC et Université Joseph Fourier de Grenoble : UJF). Le levé géologique (1997-98) de la galerie creusée en rive gauche de la Romanche apporte des éléments complémentaires (CETU/CETE de Lyon).

Une nouvelle expertise est demandée par le ministère en 1999 (rapport Panet 2000), qui clarifie la hiérarchisation des aléas géologiques, puis en 2003 (rapport Panet 2003) : voir infra § 2.3.

Des reconnaissances par méthodes géophysiques (sismiques et électriques) sont réalisées par l'UJF en 2002 - 2004.

L'ensemble de ces travaux a donné lieu à de nombreux rapports d'étude¹¹.

¹¹ Cf. notamment :

Expertise du groupe « Filliat » (1992)
Rapport BRGM/LCPC sur les techniques d'abattage contrôlé (1997).
Rapport géologique LCPC/CETE/Université J. Fourier (1997)
Thèse J.-M. Vengeon à l'Université J. Fourier de Grenoble (1998)
Expertise du groupe « Panet 1 » (2000)

2.1.2 Description du phénomène géologique et de son évolution

Le versant des Ruines est constitué de formations métamorphiques (micaschistes, quartzites) anciennes, plissées, schistosées et faillées au cours des phases tectoniques hercyniennes et alpines.

Les glaciers quaternaires ont creusé la vallée de la Romanche, puis la déglaciation a suivi, il y a environ 10 000 ans, entraînant probablement l'essentiel de la déformation du versant que nous observons aujourd'hui : tassement de la partie supérieure, limité au nord par le grand escarpement du Mont-Sec (30 m de haut) et, à l'aval, ouverture de grandes fractures par décompression et basculement, formant des sillons caractéristiques. La zone instable est limitée à l'est par une importante faille décrochante. Le mécanisme, très complexe en raison notamment de son caractère tridimensionnel, repose essentiellement, semble-t-il, sur un fauchage de « lanières » rocheuses à fort pendage, accompagné d'un tassement de la zone supérieure.

Une réactivation du phénomène s'est manifestée depuis plusieurs dizaines d'années, pour des raisons encore mal connues, avec individualisation et désorganisation progressive de la zone frontale, donnant lieu à des chutes de blocs répétées. Parallèlement, des déformations nettement moindres mais significatives se poursuivent dans les secteurs amont et ouest (chutes de blocs, ouverture d'entonnoirs).

Le phénomène possède une cinématique bien mise en évidence par les mesures *in situ* :

- évolution variable dans l'espace : mise en évidence d'une « zone frontale » nettement plus active que les parties plus en amont ; l'ensemble de la zone en mouvement possède des limites franches à l'est et au sud, mais moins nettes vers l'ouest ; on remarque en particulier que la base du versant, entre les cotes 330 (fond de la vallée) et 580 m, n'est pas en mouvement ;
- évolution variable dans le temps : tendance générale à l'accélération et fluctuations saisonnières marquées. Ces dernières mettent en évidence l'influence croissante du paramètre hydraulique, donc des précipitations (pluie + fonte des neiges), sur le mouvement. Depuis quelques années, les mouvements réagissent pratiquement sans délai aux fortes précipitations.

2.1.3 Caractérisation des aléas géologiques

Les scénarios de rupture envisagés ont quelque peu fluctué depuis une vingtaine d'années ; le chiffre de 100 millions de m³ a même été lancé... Aujourd'hui, suite aux rapports d'expertise « Panet I et II », deux types d'aléas sont distingués :

Études de propagation par R & R et par le CETE-Méditerranée (2003)

Expertise du groupe « Panet 2 » (2003)

Principaux rapports sur la surveillance (CETE de Lyon) : 1988, 1989, 1995, 1997, 1999, 2000, etc.

- un éboulement de la zone frontale, d'environ 3 millions de m³ (= hm³), en une ou plus vraisemblablement en plusieurs phases ; cet aléa est qualifié de très probable dans les dix ans (environ) à venir, soit le « court terme » ;
- des éboulements régressifs pouvant atteindre plusieurs millions de m³, qui pourraient suivre celui de la zone frontale, dans des délais mal connus, dits de moyen et long terme ; des éboulements de l'ordre de 20-25 millions de m³ sont considérés comme possibles, mais très improbables à court terme et peu probables à moyen terme (= jusqu'à une cinquantaine d'années).

Pour la commodité des raisonnements économiques, des scénarios intermédiaires ont été définis, à 5/6 et 10 millions de m³. Ces scénarios sont repris dans le tableau du § 2.2¹².

Il est prévisible que les ruptures se produisent lors d'épisodes météorologiques exceptionnels, pluie et/ou fonte des neiges, ou peu après ceux-ci. Grâce à la télésurveillance, un préavis de quelques jours devrait être disponible avant les ruptures majeures ; le pronostic sera d'autant plus fiable que le volume sera important. L'hypothèse de préavis de 36 h prise en compte dans le plan de secours « court terme » paraît se situer du côté de la sécurité.

Pour ce qui concerne **l'éboulement de la zone frontale**, l'extension prévisible des débris a été récemment évaluée par deux méthodes différentes. On peut admettre que :

- pour un éboulement monophasé de 3 millions de m³, la vallée serait obstruée par un barrage dont le point bas serait à la cote 338 m environ ;
- pour un éboulement en plusieurs phases, par exemple 1 + 1 + 1 millions de m³, la route et la Romanche seraient très sérieusement atteintes, mais la vallée ne serait pratiquement pas obstruée.

Le scénario considéré comme le plus probable à court terme est donc un éboulement, par paquets successifs, de la zone frontale. Si cette évolution polyphasée est plutôt favorable vis-à-vis de l'extension des éboulis, la gestion du risque en est peut-être plus délicate : après un éboulement important, une paroi rocheuse instable est mise à nu, susceptible de produire d'importantes chutes de blocs ; des travaux sur le cône d'éboulis ne pourront être entrepris qu'après inspection détaillée du site et probablement mise en place de systèmes de surveillance et d'alarme.

Des réajustements résiduels (quelques centaines de milliers de m³ maximum, plus probablement une succession de chutes de quelques milliers à dizaines de milliers de m³) sont à craindre après un éboulement important, dans des délais qui peuvent aller de quelques heures (pour les chutes de blocs) à quelques semaines, voire quelques mois (pour les volumes plus forts).

Pour des volumes égaux ou supérieurs à 3 millions de m³, un **barrage** de hauteur non négligeable se formerait au travers de la vallée (cf. infra § 2.2). Dans cette hypothèse, un lac de retenue se constituerait à l'amont. La stabilité de ce barrage naturel peut être mise en cause du fait du déversement des eaux au point le plus bas de la crête du barrage (érosion externe) ou par effet renard¹³ dû à l'infiltration de l'eau à travers le corps du barrage (érosion interne).

¹² Contrairement à l'éboulement de 3 millions m³, avec barrage estimé à la cote 338, qui correspond à un scénario physique plus vraisemblable en fonction de l'état actuel du versant, les scénarios provoquant des barrages aux cotes 350 et 360 étudiés dans la suite n'ont été choisis que pour disposer de modèles de calculs intermédiaires jusqu'au niveau le plus important (370) considéré comme envisageable par les géologues.

¹³ Cette cause de ruine étant nettement moins fréquente dans les cas historiquement observés

Par ailleurs, il faut mentionner l'éventualité d'éboulements rocheux dans un lac formé à la suite d'un premier éboulement, laquelle chute provoquerait une vague destructrice (cf. l'événement de la Valtellina, Italie, en 1987).

Un éboulement de 2 ou 3 millions de m³ va « purger » la zone frontale, très désorganisée, et modifier les conditions aux limites pour les zones plus amont. Il est très difficile de prévoir la nouvelle morphologie du site et donc la nature de **l'évolution ultérieure** (une stabilisation à moyen terme de l'ensemble n'est d'ailleurs pas à exclure totalement). Une hypothèse très plausible est qu'un nouveau processus de déstabilisation de plusieurs millions de m³ (jusqu'à 20/25 millions de m³) s'enclenche mais, si l'on admet un comportement cohérent avec ce que nous observons depuis près de 30 ans sur le site, ce processus devrait se développer progressivement, aboutissant éventuellement à une rupture majeure au bout de plusieurs années, voire plusieurs décennies (indépendamment de « réajustements », de volumes plus réduits, signalés plus haut).

En définitive, on peut imaginer, au pire, une succession d'événements, de causes et d'effets, telle que représentée dans le diagramme ci-dessous. Il faudrait en outre ajouter les événements hydrologiques : crues de la Romanche plus ou moins fortes, pouvant survenir à chaque étape du diagramme.

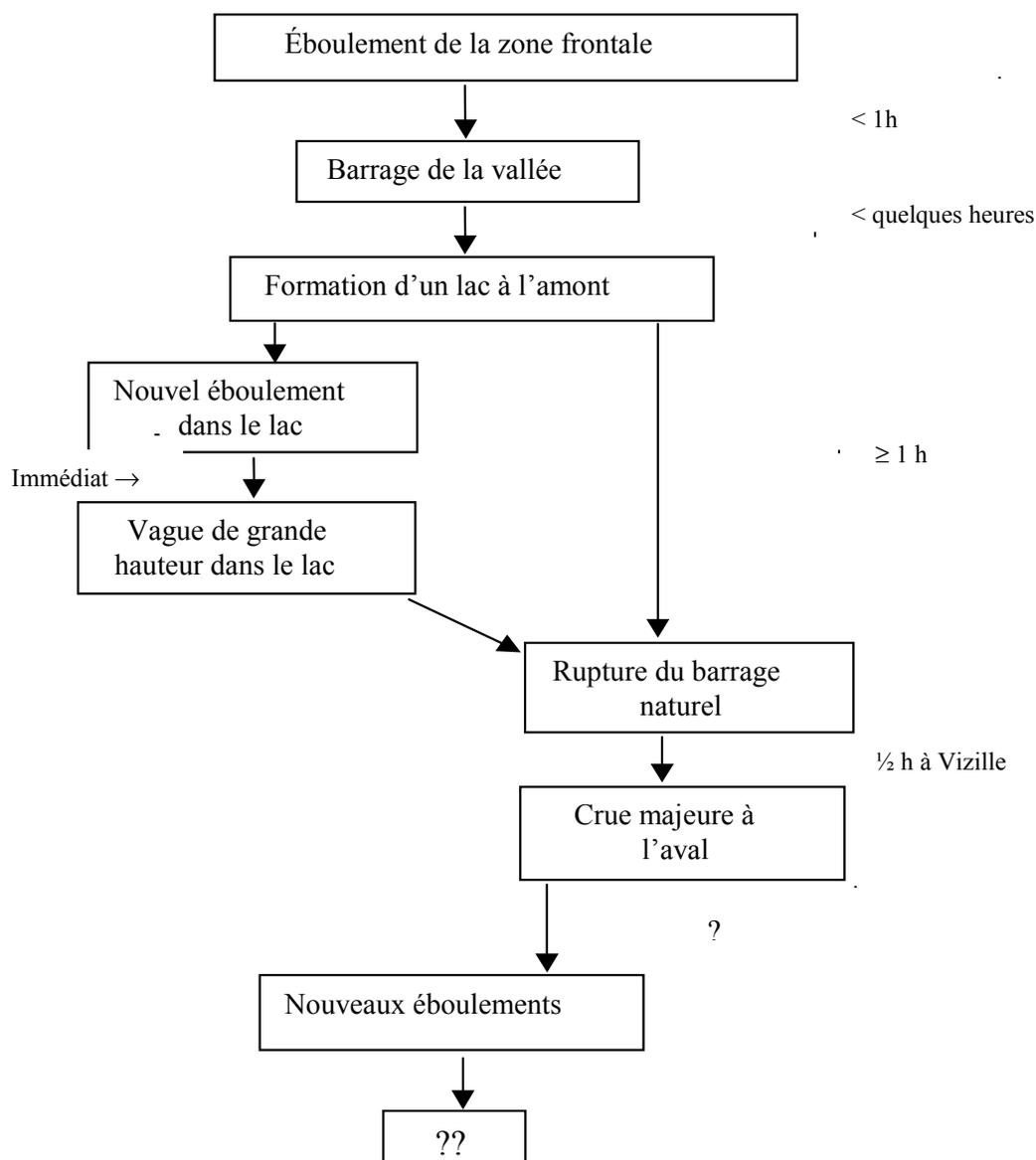


Schéma de fonctionnement possible du site pour l'événement court terme

Remarque sur le risque sismique :

Le canton de Vizille est classé en zone sismique Ib (dans une échelle 0, Ia, Ib, II, III). Il est très difficile d'évaluer l'impact d'un tremblement de terre sur le phénomène de Séchilienne. Le séisme de Laffrey (1999) a peut-être entraîné une légère perturbation sur le versant ; l'examen des courbes d'évolution laisse un doute à ce sujet.

Le rapport Panet I (décembre 2000) considère que les séismes les plus forts attendus sur le site sont susceptibles de provoquer l'éboulement de quelques milliers de m³ mais seraient sans grande influence sur le reste du versant.

Depuis quelques années, une révision du zonage sismique a été entamée et devrait conduire à augmenter le niveau sismique de la région grenobloise. En fonction de ces nouvelles données, des études plus fines sur les vibrations attendues au niveau du site des Ruines seraient opportunes.

La mission prend comme hypothèse qu'un séisme peut entraîner la chute d'une partie de la zone frontale (quelques centaines de milliers de m³, dans les heures qui suivent la secousse) et peut « donner un coup de pouce » à l'évolution d'ensemble.

Ceci ne remet pas véritablement en cause les évaluations des conséquences et les stratégies de parades. On pourra considérer qu'il est extrêmement peu vraisemblable que le séisme occasionnant l'éboulement soit simultané d'une forte crue.

2.2 Les aléas hydrauliques

On a vu plus haut que deux études complémentaires confiées par la mission à EDF avaient permis de lever les incertitudes sur deux questions ponctuelles relatives à ces aléas :

- la concomitance entre épisodes pluvieux à Séchilienne et crues de la Romanche : l'analyse des séries pluviométriques et des séries hydrologiques confirme leur forte corrélation,
- le calcul des débits de crue de la Romanche, qui faisait l'objet d'évaluations différentes : le travail mené a permis de définir des débits non controversés, notamment celui de 880 m³/s pour la crue centennale de la Romanche à Séchilienne.

La question principale posée porte ensuite sur la définition de l'aléa hydraulique résultant de la rupture d'un barrage naturel créé par l'éboulement, l'onde de crue à l'aval dépendant du volume d'eau accumulé derrière le barrage, du débit propre de la Romanche au moment de la rupture et des hypothèses de temps de rupture du barrage.

Quatre scénarios, correspondant à des éboulements de volumes croissants, ont été définis au § 2.1.3. On les caractérisera dans la suite par la cote du lac de retenue formé derrière l'éboulement, pour éviter les confusions entre volume de matériaux rocheux éboulés et volume d'eau retenu. Le tableau de correspondance entre ces données est le suivant :

Désignation des scénarios, volumes de matériaux et volumes des retenues

Nom du scénario	Cote du point bas du barrage formé	Volume de matériaux éboulés	Volume d'eau dans la retenue	Observations (références au rapport Panet de 2003)
<i>Scénario 338</i>	338	3.10^6 m^3	$200\,000 \text{ m}^3$	Scénario dit « court terme monophasé » dans le rapport Panet II de 2003
<i>Scénario 350</i>	350	$5 \text{ à } 6.10^6 \text{ m}^3$	3.10^6 m^3	Scénario intermédiaire bas (définition mission)
<i>Scénario 360</i>	360	10.10^6 m^3	9.10^6 m^3	Scénario intermédiaire haut (définition mission)
<i>Scénario 370</i>	370	$20 \text{ à } 25. 10^6 \text{ m}^3$	$20. 10^6 \text{ m}^3$	Scénario dont l'occurrence est considérée comme très improbable dans les 10 ans, et peu probable entre 10 et 50 ans dans le rapport Panet de 2003.

Ces différents scénarios ont fait l'objet, à la demande de la DDE de l'Isère, d'études hydrauliques menées par SOGREAH¹⁴ pour évaluer l'ampleur de l'onde de crue résultant de la rupture du barrage naturel créé par l'éboulement.

Il faut noter ici que les modélisations correspondant à ces quatre scénarios ne sont pas de même nature :

- dans le cas du scénario 338, on est en mesure de faire une étude hydraulique analogue à celle d'une crue selon des méthodes classiques : les hypothèses retenues, à savoir la juxtaposition d'une crue centennale et d'un effacement du barrage naturel en un quart d'heure, conduisent à des débits à Péage-de-Vizille de l'ordre de $1100 \text{ m}^3/\text{s}$, c'est-à-dire ceux d'une crue bicentennale,
- les scénarios 350, 360 et 370 correspondent au contraire à des débits instantanés de plusieurs milliers de m^3/s , analogues aux débits de fleuves importants, hors de proportion avec les crues normalement prévisibles de la Romanche et les capacités d'écoulement de son lit ou des ouvrages de protection. Les cartes d'inondabilité établies par SOGREAH pour ces scénarios, jointes en annexe, sont donc à considérer comme ne donnant que des ordres de grandeur. Elles ne sont pas de même nature que les cartes d'aléas établies dans le cadre de l'élaboration de PPR, par exemple.

Le tableau suivant¹⁵ donne des indications sur les ordres de grandeur des caractéristiques hydrauliques envisageables, dans les différents scénarios :

¹⁴ Ces études, menées dans les années 1990, sont compatibles avec les hypothèses du rapport Panet II.

¹⁵ établi par la mission à l'occasion d'une réunion de travail avec SOGREAH, tenue à la préfecture de l'Isère le 19 novembre 2004

Caractéristiques des alés hydrauliques induits par les scénarios d'éboulement

Scénario	Secteur géographique	Hauteur d'eau moyenne à l'arrivée de l'onde de crue	Vitesse de l'eau	Délai d'arrivée de l'onde de crue
338	Péage-de-Vizille	2 m	2 à 3 m/s **	20
	Vizille	1 à 2 m	id.	à
	Jarrie	0 à 1 m	id.	25'
	Aval Jarrie	0	-	
350	Vizille	2 à 3 m	id.	30'
	Jarrie	1 m	id.	à
	Champagnier	0 à 1 m	id.	1h
	Aval Champagnier	0	-	
360	Vizille	2 à 5 m	id.	25
	Jarrie	1 à 2 m	id.	à
	Champagnier	1 m	id.	40'
	Pont-de-Claix	0 à 2 m	id.	1h30
	Grenoble	0	-	
370	Vizille	5 à 10 m	id.	15
	Jarrie	3 à 5 m	id.	à
	Champagnier	2 à 3 m	id.	30'
	Pont-de-Claix	2 à 3 m	id.	1h30
	Grenoble (*)	0 à 2 m	id.	2h à 2h30

(*) : hypothèses différentes selon qu'il y a, ou non, rupture de la digue Marceline, qui protège Grenoble contre les débordements du Drac à hauteur de Pont de Claix.

(**) : vitesse pouvant atteindre localement 2 à 3 m/s en zone construite, voire 5 m/s au pic de crue, en zone de rétrécissement du passage de l'eau

Ce tableau montre qu'il s'agit d'une onde de crue très violente, assimilable par les vitesses et délais d'alerte pour les scénarios bas (338, 350) aux crues rapides de certaines zones méridionales (crues cévenoles), et pour les scénarios hauts (360, 370) aux ruptures de barrages artificiels.

La possibilité d'éboulement complémentaire survenant dans un lac formé à la cote 338¹⁶ a également été étudiée : le rapport du GAES évoque le cas d'un éboulement complémentaire d'environ 100 000 m³, tombant dans le lac préalablement formé par l'éboulement du scénario dit « Panet court terme » (scénario 338). D'après une étude récente confiée par SOGREAH au CEMAGREF, les vagues formées à l'amont pourraient atteindre dans cette hypothèse le lotissement du Grand Serre à Séchilienne. L'évacuation de ce lotissement en cas d'éboulement de l'ampleur du scénario 338 apparaît donc nécessaire.

2.3 Synthèse et définition des scénarios d'alés

Les indications qui précèdent concernant les éboulements possibles, et les crues induites à l'aval par la rupture d'un lac constitué derrière le barrage naturel formé, ont conduit la mission à retenir quatre « scénarios d'alés géologiques », représentatifs de situations de

¹⁶ Les lacs à une cote plus élevée seraient vraisemblablement non pérennes, contrairement au lac 338, situé en-dessous du niveau bas d'une éventuelle galerie de vidange.

danger croissant. Leur dénomination correspond à la cote du lac susceptible de se former en l'absence de toute parade hydraulique préventive, telle qu'une galerie hydraulique assurant la vidange de fond du lac :

- le **scénario « 338 »** correspond à l'hypothèse d'un éboulement de 3 millions de m³ de rochers, en une seule fois, évoquée dans le rapport Panet II de 2003¹⁷. Les effets de la rupture du lac formé, dont le volume d'eau est d'environ 200 000 m³, correspondent à peu près jusqu'à Jarrie à ceux d'une crue bicentennale. Ils ne sont que peu sensibles à l'aval de Jarrie,
- le **scénario « 350 »**, dans lequel 5 à 6 millions de m³ de blocs retiennent environ 3 millions de m³ d'eau, provoque en cas de rupture une crue extrêmement forte à Vizille et Jarrie, mais peu ou pas sensible à l'aval du confluent Drac-Romanche,
- le **scénario « 360 »**, avec environ 10 millions de m³ de blocs retenant environ 9 millions de m³ d'eau, provoquerait une crue d'une ampleur exceptionnelle à Vizille et Jarrie et très importante jusqu'à Pont-de-Claix,
- enfin, le **scénario « 370 »**, où 20 à 25 millions de m³ de blocs retiennent 20 millions de m³ d'eau, entraînerait le débordement de la digue Marceline. Les dégâts seraient plus ou moins importants à Grenoble selon qu'il y aurait rupture ou non de cette digue, et selon la concomitance d'une forte crue du Drac.

La mission s'est attachée à comparer l'importance des crues induites par l'éboulement suivi d'une rupture du barrage, avec les crues naturelles de la Romanche et du Drac, hors éboulement à Séchilienne. Ce point est en effet important au regard du dimensionnement des ouvrages de protection à envisager.

A titre indicatif, l'examen des documents consultés par la mission montre que, en dehors de tout événement à Séchilienne, une crue centennale de la Romanche provoquerait à elle seule des dégâts importants à Vizille et Jarrie¹⁸, certains ouvrages tels que le pont de la RN 91 à hauteur de l'île Falcon étant d'ailleurs sous-dimensionnés pour la crue centennale. La ville de Grenoble serait quant à elle protégée des inondations du Drac jusqu'à la crue cinq-centennale, mais pas au-delà. On peut estimer qu'au-delà de la crue millénale de la Romanche (et du Drac, si les crues coïncident, leur non-coïncidence améliorant la sécurité), les dégâts seraient tellement importants dans toute la vallée que l'existence ou non d'un sur-accident à Séchilienne ne serait sans doute sensible que sur une distance assez courte à l'aval. Ce point sera repris plus loin au § 6.1.1, à propos du dimensionnement des galeries hydrauliques.

¹⁷ Aléa de référence de l'hypothèse « court terme » citée dans la lettre de mission.

¹⁸ La DDE fait procéder à une actualisation de ces études (topographie plus précise, régime transitoire) tant pour le PPRI que pour la déviation de Péage-de-Vizille. A la date de rédaction de ce rapport, les résultats ne sont pas disponibles.

3 Les enjeux et les risques

Face aux risques constatés en 1985, des mesures préventives ont été prises, outre les aménagements d'infrastructures décrits au § 3.2.1. D'une part un dispositif de surveillance en temps réel des déplacements de la falaise a été mis en œuvre. Il est assuré par le CETE de Lyon et son coût annuel atteint environ 0,6 M€. D'autre part la zone de l'île Falcon, située immédiatement en aval, a fait l'objet d'une application des dispositions de la loi du 2 février 1995, dite loi Barnier, permettant l'acquisition par l'Etat des biens menacés par un risque naturel. A ce titre 93 maisons ont été achetées et sont démolies ou en instance de l'être. Enfin, un merlon de protection et un lit de secours pour la Romanche ont été aménagés, capables de faire face à des événements d'ampleur modérée (volume éboulé ne dépassant guère un million de m³).

3.1 Hiérarchisation des enjeux : sécurité des personnes ou enjeux matériels

La mission a confronté ses approches à celles des services de l'Etat ou du département (SDIS) de l'Isère et à celles de la Direction de la Défense et de la Sécurité Civile.

Les plans d'évacuation et de secours divers (PSS, PPI, POI, PCS) ont tous pour but, bien entendu, de réduire le risque pour les vies humaines ; le PSS présenté à la CLAIRS le 19.11.04 pour l'événement de court terme vise évidemment l'objectif « zéro mort ». Pour le moyen terme et le long terme, plusieurs raisons laissent craindre un certain nombre de victimes (décès ou blessures).

Pour le public, elles pourront être provoquées :

- soit par le non respect des consignes d'évacuation et de sécurité. L'expérience des crues rapides montre que ce non respect génère toujours des accidents ; il peut être volontaire : emploi d'itinéraires exposés et interdits, retour sur les lieux à évacuer pour emporter un bien oublié... ; il peut être aussi subi : personnes à mobilité réduite, évacuation des malades...
- soit par la durée de l'évacuation (plusieurs jours, plusieurs semaines et au-delà), facteur de stress et d'atteinte à la santé ; les études médicales post catastrophe sont encore peu nombreuses mais vont toutes dans le même sens : les drames humains consécutifs ont un coût en terme de victimes. Il s'agit d'effets collatéraux qui peuvent être très graves.

Pour les professionnels, exposés nécessairement au risque (service de secours, service de sécurité des établissements industriels, y compris les transports de matières dangereuses...) il ne faut malheureusement pas exclure la possibilité de "victimes du devoir" ;

- à cet égard, l'effet domino (vague détruisant une installation chimique) n'est pas exclu (cf. rapport du GAES),
- par ailleurs, en cas d'événement conséquent, entraînant une évacuation massive, le risque existe d'être pris "en flagrant délit de manœuvre", c'est à dire que l'événement survienne alors que l'opération de mise à l'abri est en cours, et que les personnes soient surprises sur la route des zones sécurisées.

Cette situation est, bien entendu, la plus défavorable et peut générer des catastrophes humaines.

Il est évidemment impossible d'évaluer a priori, dans l'absolu, le nombre de victimes, par contre et pour les stricts besoins de l'étude coûts/avantages des parades, la mission a estimé utile de faire état de comparaisons avec des événements de crues rapides ou de rupture de barrage connus.

Ainsi, les crues rapides – notamment cévenoles – des dernières décennies ont généré pour chaque événement un nombre de victimes parfois inférieur à 10, mais le plus souvent de quelques dizaines ; les ruptures de barrage ont généré dans notre pays de la centaine à quelques centaines de morts (quelques milliers en Italie) par événement.

Au terme de cette analyse, et pour la seule appréciation de l'intérêt des parades (en aucun cas pour dimensionner les opérations d'évacuation et de secours), la mission propose les chiffres suivants :

- les événements de moyen terme concernent de 10 000 à 15 000 habitants. Ils risquent de générer quelques dizaines de victimes au moins,
- les événements de long terme (plus de 200 000 habitants concernés) risquent de générer des centaines de victimes au moins.

Ces estimations ne prennent pas en compte le risque de "flagrant délit de manœuvre" évoqué ci-dessus.

3.2 Enjeux routiers – impact économique

La RN 85 et la RN 91 assurent les liaisons entre l'agglomération grenobloise et les régions situées au nord avec le massif de l'Oisans et au-delà les Hautes-Alpes et l'Italie. Elle joue donc un rôle économique capital d'autant plus que, contrairement à la Tarentaise, elle n'est pas doublée par une voie ferrée.

Il est donc essentiel, sur le plan économique de maintenir la viabilité de cet axe. De nombreuses dispositions ont déjà été prises pour sécuriser l'itinéraire et améliorer sa capacité. Ceci en confirme l'importance.

3.2.1 Les mesures déjà prises

3.2.1.1 Dans le cadre des programmes d'investissement sur le réseau routier national

Cet itinéraire entre Pont-de-Claix et la limite des Hautes-Alpes, soit 61 km, a fait l'objet d'un avant-projet sommaire d'itinéraire (APSI) - 1^{ère} phase, approuvé par décision ministérielle du 15 mai 1995. Le parti d'aménagement a été arrêté comme suit :

- de Pont-de-Claix (A 480) à Vizille (RD 5) : 2 x 2 voies avec carrefours giratoires ou dénivelés, là où le trafic le justifie. Cette section sera dotée du statut de route express.
- de Vizille au barrage du Chambon, l'objectif sera d'atteindre la capacité maximale d'une route à 2 voies (1200 véhicules/h et par sens) en supprimant tous les points durs.

Ce parti d'aménagement sera accompagné de mesures d'exploitation.

Sans entrer dans le détail, le montant prévisionnel de ces aménagements se décompose de la manière suivante (valeur juin 1994) :

- section Pont de Claix – Vizille = 536 MF (environ 82 M€)
- section Vizille – Hautes-Alpes = 646 MF (environ 98 M€)
soit au total = 1182 MF (environ 180 M€)

Au titre des XI^{ème} et XII^{ème} contrat de plan Etat-Région, les aménagements suivants ont été programmés :

Au XI^{ème} plan : 435,5 MF (soit environ 66 M€) ont été inscrits. Ce programme comprenait notamment la déviation de Séchilienne inscrite pour 85 MF (13 M€) en maîtrise d'ouvrage locale. Il n'a pu être réalisé totalement et les opérations suivantes ont été reportées :

- l'aménagement du carrefour avec la RD 5 à Vizille (16 MF soit 2,4 M€)
- la déviation de Bourg-d'Oisans (61 MF soit 9,3 M€)
- la déviation de Livet (58 MF soit 8,8 M€)
- la déviation de Gavet (63,5 MF soit 9,7 M€)

Elles sont réinscrites au XII^{ème} plan qui se terminera en 2006. A ce plan ont en outre été programmés :

- l'aménagement de la traversée de Péage-de-Vizille = 60 MF (environ 9 M€)
- la rectification du virage des Châtaigniers = 6,0 MF (environ 0,9 M€)
- le créneau de dépassement des Roberts (commune de Livet et Gavet) = 30,0 MF (environ 4,6 M€).

On peut donc considérer que l'effort des investissements programmés sur la RN 91 a été important puisqu'il atteint 531,5 MF (soit 81 M€) au titre des deux contrats de plan.

Il est impossible à l'heure actuelle de savoir quand et comment seront financés les autres opérations retenues dans l'APSI.

3.2.1.2 Dans le cadre du programme d'amélioration de la qualité de service des itinéraires alpins

Ce programme élaboré parallèlement au 12^{ème} contrat de plan vise à sécuriser les itinéraires alpins vis-à-vis des risques naturels ; chutes de pierre, éboulements, avalanches et glissements de terrains.

Dans l'Isère, il est au total de 84,5 MF (environ 12,9 M€) et pour le RN 91, il concerne :

- les aménagements de la section Vizille – le Bourg d'Oisans = 6,5 MF (1 M€)
- les aménagements de la section Bourg-d'Oisans / Clos-du-Pertuis = 24 MF (3,6 M€)
- l'aménagement d'une galerie sous Besse-Roche = 11 MF (1,7 M€).

La clé de financement de ces opérations est la suivante : 1/3 Etat, 1/5 région Rhône-Alpes, 7/15 département de l'Isère. A titre de comparaison, le programme correspondant pour le département de la Savoie atteint 1050 MF (160 M€) avec un financement de 491,7 MF (75 M€) du département.

3.2.1.3 Dans le cadre du risque d'éboulement de Séchilienne

L'ancienne RN 91 était située en rive droite et soumise à de fréquentes chutes de blocs. Après mise en place de restrictions de circulation (alternats et fermetures) accompagnées d'une surveillance visuelle continue du versant, une déviation a été réalisée en rive gauche de la Romanche en 1986.

Parallèlement, un merlon de protection a été réalisé (cf. supra). Pour des raisons topographiques il est implanté un peu en aval de l'axe de l'éboulement. Il n'est pas d'une efficacité complète pour un éboulement monophasé de 3 millions de m³ mais pourrait être utile en cas d'éboulements fractionnés.

3.2.2 Les itinéraires de déviation existants

Du fait des reliefs très prononcés que l'on rencontre dans la vallée de la Romanche, les itinéraires de déviation possibles sont en nombre réduit et possèdent des caractéristiques très médiocres. De plus, en hiver, la viabilité de ces routes n'est pas garantie. Il s'agit de :

- La RD 113 qui permet de relier Séchilienne à Laffrey sur la RN 85. Cette route très étroite ne peut pas sans travaux très lourds être ouverte à une circulation significative, dépassant quelques centaines de véhicules par jour. Elle n'est pas utilisable par les poids-lourds et les autocars et le croisement de 2 véhicules légers est localement difficile. La RN 85 permet ensuite de relier Laffrey à Vizille, par la rampe de Laffrey (7 km à plus de 10% , interdite aux poids lourds à la descente).

- La RD 114 qui permet de relier Séchilienne à La Mure sur la RN 85 en passant par la station de l'Alpe-du-Grand-Serre. Elle a fait l'objet d'un recalibrage récent par le conseil général, de façon à permettre un accès correct pour les bus à la station de l'Alpe-du-Grand-Serre. Elle est étroite et sinueuse mais présente de meilleures caractéristiques que la RD 113. La liaison se fait ensuite de La Mure à Vizille par la RN 85 ou à Jarrie par la RD 529 (itinéraire poids lourds).

- La RD 526 dite route du Col d'Ornon qui relie Bourg-d'Oisans à La Mure. Cette route aux caractéristiques médiocres avec plusieurs passages à gué peut difficilement être utilisée à double sens par le trafic lourd. Il existe des points durs où il n'y a pas de croisement possible PL / VL.

Pour le trafic à longue distance à destination des stations de l'Oisans et du Briançonnais, deux itinéraires sont possibles en venant du nord :

- l'autoroute A 43 puis le tunnel du Fréjus, puis Briançon par Oulx en Italie et la RN 91 jusqu'à Bourg-d'Oisans,
- la RN 85 jusqu'à Gap, puis la RN 94 jusqu'à Briançon, puis la RN 91 jusqu'à Bourg d'Oisans.

Pour rejoindre l'Oisans, ces deux itinéraires passent par le Col du Lautaret (2058 m) parfois impraticable en hiver.

Le tableau ci-dessous récapitule ces itinéraires et indique les allongements de parcours par rapport à l'itinéraire normal par la RN 91. Des temps de parcours ne peuvent être donnés car ils sont extrêmement variables selon les conditions de circulation et de météo.

Déviations et allongements de parcours

	Itinéraire	Longueur de la déviation	Allongement de parcours / RN 91
Déviations à courte distance	RD 113 - de Vizille à Séchilienne en passant par Laffrey	15,5 km	7 km
	RD 114 - de Vizille à Séchilienne en passant par la Mure et l'Alpe du Grand Serre	55 km	46,5 km
	RD 526 - de Vizille à Bourg d'Oisans en passant par la Mure et le Col d'Ornon	68 km	36 km
Déviations à longue distance	De la bifurcation A 43 / A 48 à Bourg d'Oisans par le tunnel du Fréjus, Oulx et Briançon	287 km	180 km
	De Vizille à Bourg d'Oisans par Gap et Briançon	241 km	209 km
	De Grenoble à Bourg-d'Oisans par la RN75, Lus-la-Croix-Haute, Gap, Briançon.	274 km	225 km

3.2.3 L'impact économique

3.2.3.1 Données de trafic

Le volume, les fluctuations et l'évolution du trafic sont données par les comptages automatiques réalisés par la DDE en divers points de l'itinéraire.

Quatre points de comptage significatifs ont été retenus :

- RN 85 – PR 53+000 – à Champagnier
- RN 91 – PR 11+300 – au droit de Gavet
- RN 91 – PR 30-600 – au Nord de Bourg d'Oisans
- RN 91 – PR 34-600 – au Sud de Bourg d'Oisans.

Les résultats de ces comptages montrent que :

- le trafic est très élevé au niveau de Champagnier où se concentrent les trafics des deux RN 85 et 91, ainsi que le trafic à destination de Vizille,
- le trafic est ensuite relativement constant entre Le-Péage-de-Vizille et Bourg-d'Oisans (environ 9 000 véh./j),

- le trafic est faible à la limite du département des Hautes-Alpes (moins de 3000 véhicules/j),
- le trafic de poids-lourds est de l'ordre de 8 % les jours ouvrables et il baisse de façon notable au-delà de Gavet,
- le trafic varie assez fortement d'une année sur l'autre en fonction des niveaux d'enneigement et des travaux qui peuvent perturber la circulation,
- le trafic varie fortement selon les saisons, les mois les plus chargés étant janvier, février, mars, juillet et août, ce qui confirme la vocation touristique de l'itinéraire.

3.2.3.2 Importance économique de la RN 91

a) Les enjeux de l'Oisans et des Hautes-Alpes

Les enjeux économiques qui s'attachent à la RN 91 sont particulièrement forts. La population est répartie inégalement le long de l'itinéraire. Elle se concentre essentiellement sur les quelques communes situées à l'aval. Cependant, les cinq communes qui constituent le pôle amont autour de Bourg-d'Oisans accueillent 20 % de la population.

Les stations de sports d'hiver de l'Oisans (5 au total dont les stations de l'Alpe-d'Huez et des Deux-Alpes) représentent un potentiel de près de 80 000 lits, soit 8 % du potentiel des Alpes du Nord. La station de Serre-Chevalier, dans la vallée de la Guisane, dispose d'environ 50 000 lits et près de 50% de sa clientèle vient du Nord, par Grenoble et le Lautaret. La commune de La Grave, dans la partie haut-alpine de la haute vallée de la Romanche, a une tradition importante de sport de montagne et de ski très sportif (téléphérique des glaciers de La Meije), avec une clientèle à la journée essentiellement dépendante de l'accès par la RN 91. Les chiffres d'affaires induits par ces activités sont annuellement de l'ordre de 250 à 300 M€.

L'ensemble des activités industrielles, artisanales et commerciales totalisent 13 700 salariés dont plus de la moitié sont recensés entre Pont-de-Claix et Vizille.

L'activité agricole est peu représentée en raison du relief très accidenté.

La diversité de ces activités montre l'importance capitale que revêt, sur le plan économique, le maintien de la circulation sur la RN 91.

b) Les durées de coupure de la RN 91

La DDE a effectué une étude sommaire du délai de déblaiement et de remise en service de la RN 91, dans la situation actuelle des infrastructures, dans l'hypothèse d'une chute de 3 millions de m³. Cette étude a été corroborée par des contacts pris avec une entreprise de terrassement.

Les difficultés, hors risques d'éboulements secondaires qui peuvent retarder l'intervention, sont multiples :

- nature des matériaux à déblayer (présence de blocs à traiter à l'explosif)
- teneur en eau de l'éboulis et difficulté de créer un chenal (en l'absence de tunnel hydraulique)

- contraintes liées à l'application de la loi sur l'eau du fait de la proximité des captages de Jouchy.

Au total, l'étude conclut qu'il faudra environ 5 mois pour rétablir la circulation.

Ce délai est totalement incompatible avec l'activité économique décrite ci-dessus car les déviations à courte ou moyenne distance ne permettent pas d'assurer un service correct pour les usagers.

c) les conséquences économiques

Les conséquences économiques de la coupure de la RN 91 peuvent être évaluées selon les méthodes en vigueur en matière d'investissement routier : le coût des seuls allongements de parcours serait de l'ordre de plusieurs centaines de milliers d'euros par jour, non comprises les pertes d'exploitation des activités économiques traitées par ailleurs.

3.3 Les enjeux d'urbanisme

3.3.1 A l'aval du site d'éboulement

Ils concernent Péage-de-Vizille, Vizille, Jarrie, Champagnier, Pont-de-Claix, Grenoble. Dans la rupture de barrage du scénario 338. L'étude menée par GIPEA, citée au § 1.2, a conduit à identifier les constructions menacées par l'onde de crue, dans chacun des scénarios, à partir des données numérisées du cadastre et des données des études SOGREAH sur l'inondabilité.

Des coefficients de vulnérabilité ont été affectés à ces données, en fonction des caractéristiques des immeubles. Des classes d'aléas ont par ailleurs été distinguées, en fonction de la hauteur d'eau et de la vitesse d'écoulement. Ces évaluations, malgré leur caractère forfaitaire, conduisent probablement à des ordres de grandeur significatifs des dégâts au patrimoine immobilier selon les différentes hypothèses d'aléa¹⁹.

Les estimations varient de quelques centaines de millions d'euros, dans la partie amont de la zone menacée (Vizille et Jarrie) dans les scénarios 338 et 350, à plusieurs milliards d'euros dans toute la zone, Grenoble compris, dans le scénario 370.

Au-delà de cette estimation des dommages, les élus des communes concernées font valoir le handicap que représente actuellement pour les extensions d'urbanisme dans les zones menacées l'existence d'un risque mal cerné.

3.3.2 A l'amont du site de l'éboulement

Les enjeux concernant l'urbanisation à l'amont du site concernent :

- le risque d'inondation, pour les zones urbanisées situées en dessous du niveau du lac naturel susceptible de se constituer. Ce risque est inexistant dans le scénario 338 mais sensible, voire très important pour les scénarios 350 à 370 : le lotissement du

¹⁹ On rappelle que la précision des résultats des études SOGREAH est bien meilleure pour le scénario 338 que pour les trois autres.

Grand Serre se trouve en effet dans une zone à peu près plate et sensiblement à l'altitude 350, et le village de Séchilienne s'échelonne de 355 à 390 m d'altitude,

- le risque de vagues dues à des éboulements secondaires dans un lac de retenue préalablement formé par un premier éboulement. Ce risque apparaît significatif dès le scénario 338, les vagues pouvant alors atteindre le lotissement du Grand-Serre²⁰

L'évaluation des dommages aux constructions, de l'ordre de 5 à 20 M€ selon le scénario, est beaucoup plus faible qu'à l'aval, mais touche une zone déjà touchée par l'expropriation de l'Ile Falcon. Par ailleurs, la nature des risques évoqués conduit à confirmer qu'en tout état de cause, l'évacuation du lotissement du Grand-Serre et de la partie basse du village de Séchilienne doivent être envisagées dans les plans de secours, en cas d'alerte annonçant l'imminence d'un éboulement.

3.4 Les enjeux industriels

La mission a disposé de diverses études partielles (sources : Préfecture, DRIRE, INERIS à la demande de la mission). Aucune ne donne une image exhaustive des enjeux ; la mission recommande qu'une telle évaluation soit conduite dans toute son étendue et avec rigueur. Les éléments rassemblés donnent les indications suivantes :

Selon des données rassemblées en 1999 :

Pour quatre établissements SEVESO à l'amont de Grenoble, qui seraient touchés, les valeurs de remplacement des installations selon des hypothèses de destruction de 50 à 80% pourraient aller de 6 à 14 milliards de francs (1 à 2 milliards d'euros environ).

Au total les dégâts possibles à l'ensemble du dispositif industriel à l'aval du site d'éboulement pourraient atteindre 20 milliards de francs (3 milliards d'euros), en montant 99, pour une submersion de 1 à 2 mètres (et les pertes d'exploitation pour un arrêt de 4 à 6 mois dépasser 200 millions d'euros).

L'INERIS sollicité par la mission dans le cadre du GAES, identifié avec l'appui de la DRIRE, 22 établissements industriels soumis à autorisation, dont 7 avec servitudes dans la zone d'étude, de Vizille à Pont de Claix. Il faut y ajouter pour le scénario 370, les installations de la commune de Grenoble (qui a publié le DICRIM en août 2004)²¹, et d'autres communes éventuellement touchées (à étudier). Les taxes professionnelles et foncières représenteraient plusieurs dizaines de millions d'euros pour les 22 établissements.

²⁰ Cf. étude GAES, rapport de Gérard Degoutte. On notera que ce risque subsiste même après ouverture d'une galerie hydraulique, celle-ci laissant subsister un lac sensiblement à la cote 338, en-dessous du niveau d'entonnement de la galerie.

²¹ Celui-ci indique que l'événement court terme n'aurait pas d'incidence hydraulique à Grenoble, et que les études liées aux événements ultérieurs possibles se poursuivent. A Grenoble, 2 établissements Sévésos seraient concernés par l'événement de long terme (scénario 370). Une partie de l'agglomération serait soumise à un nuage toxique provenant d'un sur-accident à Pont de Claix par exemple.

**Etablissements industriels soumis à autorisation ICPE
de Vizille à Pont-de-Claix**

Activités	Nombre d'établissements*	Dont Seveso
Matériaux de Construction, chantiers	3	
Bois, papiers Cartons	4	
Métallurgie	2	1
Chimie, Gaz Entrepôts	10	5
Divers	3	1 (incinération)
Total	22	7

*dont 12 à Pont de Claix pour 3000 emplois environ et 10 à l'amont pour 1800 emplois environ

Les installations de la chimie sont essentiellement réparties entre 3 sites : plate-formes chimiques de Jarrie, Champagnier, Pont de Claix ; certains produits fabriqués sont dangereux (chlore, chlorure de méthyle, chlorure d'éthyle, phosgène, acide chlorhydrique gazeux, butadiène,...).

L'INERIS a concentré son analyse sur les 7 sites Seveso à Pont de Claix et à l'amont ; si les POI et PPI semblent bien décrire les scénarios d'accidents industriels, les indicateurs concernant le risque inondation, et le risque Séchilienne paraissent plus hétérogènes et moins précis ; le risque de rupture de barrage EDF est partout mentionné ; selon les établissements 16 à 40 heures de préavis seraient nécessaires pour une mise en sécurité.

Pour le risque « Séchilienne », il semble que seul le scénario de rupture d'un barrage naturel de 9 millions de m³ d'eau (sensiblement le scénario 360 du présent rapport) ait été notifié par la DRIRE aux industriels en 1998 et 2000 ; ceci explique pour une part l'impression de flou perçue par la mission auprès des industriels. Il doit y être remédié : définition homogène du scénario, des conditions de l'alerte, de la mise en sécurité.

D'autre part, seuls certains établissements semblent avoir étudié l'impact d'une inondation sans vague d'eau (de 1 mètre), sur la stabilité de leurs installations (bacs, sphères, conduites...) ; enfin il semble que dans le scénario court terme, les industriels ne soient pas impliqués dans le PSS.

L'évaluation de dommages potentiels ne donne lieu actuellement qu'à :

- des appréciations descriptives qualitatives : risque de pollution des captages à l'aval par les polluants, risque de sur-accident industriel après l'inondation, risque d'entraînement ou de chocs de corps solides, condition de mise en sécurité par le personnel, condition d'évacuation des matières dangereuses.
- des indications fragmentaires concernant le prix du capital menacé

- des indications concernant le coût d'une journée de fermeture.

Dans l'état actuel des connaissances, on ne peut que prendre en compte, pour les événements de moyen terme et long terme, un risque industriel majeur compte tenu des aléas identifiés, de la dangerosité des produits fabriqués, des inconnues liées aux conditions de gestion de la crise. Dans les modèles utilisés, la mission a bien conscience de l'incertitude sur les chiffres. Aussi a-t-elle testé plusieurs niveaux de dommages industriels allant d'une centaine de millions d'euros à 3 milliards.

Elle recommande que l'effort entrepris par l'INERIS dans ces domaines d'effet "domino" soit intensifié et son efficacité accrue²², et que la DRIRE clarifie les scénarios et exigences vis à vis des industriels des sites concernés par Séchilienne : Tout ce qui précède montre en effet le caractère très approximatif des données disponibles en la matière.

3.5 La perception du risque par les acteurs locaux

La mission a rencontré les élus, les professionnels, les associations (cf. liste en annexe)

En ce qui concerne les élus :

- les communes d'amont ont fait valoir le double préjudice qui serait lié
 - o à l'interruption des échanges journaliers entre l'Oisans et la région grenobloise (1500 salariés dans chaque sens, approvisionnement, écoles, service sanitaire...)
 - o à l'isolement des deux groupes de stations des Grandes-Rousses et des Deux-Alpes (près de 80 000 lits) pendant plusieurs jours ou semaines. Les itinéraires de dégagement en cours d'étude permettraient selon l'expression d'un élu « non pas la vie, mais seulement la survie » de l'Oisans. L'harmonisation des aléas pris en compte par EDF ou la DDE a été demandée par les élus concernés
- les communes du site : si la commune de Séchilienne a exprimé son mécontentement devant le rythme d'avancement des projets et la répétition des rapports, le maire de Saint Barthélémy, commune la plus touchée, a exprimé avec force à la fois le drame humain de sa commune (délocalisation de l'Ile Falcon aux incidences insuffisamment prises en compte), mais aussi sa volonté de faire valoir envers et contre tout les atouts du village (centre de tourisme scientifique, aménagement adapté de l'Ile Falcon) et la demande forte de voir avancer les questions des parades. Il a signalé un glissement en rive gauche, partie haute.
- Les communes d'aval ont paru à l'été 2004 moins sensibilisées et paraissent surtout gênées par les mesures de précaution prises pour l'urbanisme. Si certains élus ont été revendicatifs vis-à-vis de l'Etat, d'autres et les parlementaires (dont le Président de la Communauté d'Agglomération) ont plaidé avec vigueur pour la prise en compte du risque au-delà de la surveillance et de la délocalisation. Ils se sont étonnés des propos rassurants du MEDD dans les années 2002 et, tout en regrettant que l'Etat

²² En particulier, l'expérience du Plan Loire grandeur nature/Diren et Bassin Loire Bretagne doit être valorisée

n'ait pu aller plus loin, ont marqué leur satisfaction de la nouvelle impulsion donnée depuis 2004 et se sont déclarés prêts à examiner les propositions de parades et de financement que ferait l'Etat, notamment à la suite de la présente mission.

- Les conseillers généraux de l'Isère: L'attitude des parlementaires a été aussi celle des conseillers généraux rencontrés ; la question du transfert de la RN91 au département a été évoquée. Des échanges techniques avec les services du Conseil Général ont eu lieu, d'où il résulte que :
 - o le Conseil Général a financé la première déviation et le merlon en 1986
 - o il fait dresser un état des lieux de la RN 91
 - o il a annoncé son intention d'améliorer significativement ses caractéristiques (route à 4 voies ?)

- Les représentants du Conseil Régional Rhône-Alpes (VP Environnement Risques, VP Transport) sont sensibilisés au risque et estiment nécessaire un tour de table des partenaires pour prendre des décisions ; les enjeux économiques, touristiques, transport, montagne et risques les concernent. En matière d'investissements routiers, ils estiment cependant qu'au-delà des programmes à engager au titre de l'actuel contrat de plan Etat-région, la région n'a pas à s'investir dans de nouvelles opérations routières.

- Le Conseil Général des Hautes-Alpes a exprimé un point de vue analogue à celui des communes d'amont dans le département de l'Isère, le canton de La Grave dans les Hautes-Alpes étant dans une situation très comparable à celui de Bourg-d'Oisans en cas de coupure de la RN 91. Une part importante de la clientèle de la station de Serre-Chevalier (environ 50 000 lits), venue du nord, passe par la RN 91. Le Conseil Général a exprimé devant la mission son souhait d'être associé aux discussions qui auront lieu sur les mesures à prendre, à l'initiative de l'Etat.

En ce qui concerne **les professionnels**, ont été rencontrés :

- o les industriels de la chimie (soit directement, soit par l'INERIS). Ils ont exprimé leur souhait de voir clarifier l'aléa à prendre en compte, les circuits d'alerte et ont exprimé une vive inquiétude sur l'avenir des sites en cas d'événement très grave, ainsi que leur souhait de voir assurer de façon certaine en cas d'alerte, l'évacuation des matières dangereuses,

- o les distributeurs d'eau potable. Ils sont au nombre de deux : le SIERG a assuré prendre en compte le risque sur le site de Jouchy. Une note sur les dispositions prises a été promise à la mission ; le SIERG a de plus fait état de ses projets de long terme concernant l'utilisation de l'Eau-d'Olle. La Régie des Eaux de la Ville de Grenoble exploite les ressources de la nappe du Drac, à la confluence avec la Romanche,

- o Electricité de France²³: l'entreprise est concernée par la gestion des barrages de la haute Romanche, l'exploitation de la chaîne de la moyenne Romanche en

²³ Il conviendrait qu'un contact soit établi avec RTE, certains des points cités ici relevant maintenant de cette entreprise et non d'EDF.

restructuration, dont une galerie sur le site et une usine qui serait détruite, le poste de transformation de Champagnier et les lignes HT et MT, enfin la gestion des barrages de la basse Isère ; les responsables ont fait valoir à la fois leur mise à disposition du préfet en cas de crise et leur exigence de donner un coût à tout préjudice. EDF a indiqué que l'ordre de grandeur des perturbations ne justifiait pas une intervention particulière de sa part.

- les professionnels du tourisme (sociétés d'exploitation) : ils ont fait valoir avec vigueur la catastrophe que représenterait à leur sens, une coupure de route à la fois en terme immédiat de perte de chiffre d'exploitation et au-delà, en terme d'image et de risque de perte de parts de marché. Ils indiquent que les accès par le Lautaret sont des pis-allers et s'étonnent que la RN91 n'ait pas bénéficié d'un traitement comparable à celui de la RN 90.

Pour les **associations**, la mission a rencontré :

- La FRAPNA qui a indiqué l'absence d'enjeux écologiques majeurs dans la zone de l'éboulement tant en RG qu'en RD ; elle a manifesté son souci pour la qualité de l'eau et des milieux au-delà des perturbations de débit liées à l'exploitation hydroélectrique,
- Le comité des Ruines de Séchilienne, accompagné de l'Association des Unions de Quartiers de Grenoble, qui a rappelé ses actions de vigilance et ses propositions de construction à la fois d'un tunnel routier et d'un tunnel hydraulique. Certains de ses membres ont marqué leur grande inquiétude concernant la sécurité et l'avenir de l'habitat dans la zone aval du site ; ils ont accompagné la mission sur le terrain, pour la visite des points les plus menacés, ce qui a permis à la mission un gain de temps appréciable,
- L'Association pour le Désenclavement de l'Oisans, rencontrée à Bourg-d'Oisans, qui a insisté sur la nécessité d'examiner la sécurité de l'axe sur son ensemble et sur les deux départements concernés, en indiquant que pour le département des Hautes-Alpes cet axe était de première importance

*
* *

Le bilan que la mission tire de ces contacts est :

- une véritable inquiétude des acteurs locaux, très nette sur le site et à l'amont, plus diffuse à l'aval mais croissante,
- leur difficulté à saisir les attitudes successives de l'Etat, qui leur a paru tour à tour alarmiste et rassurant, alors même que l'Etat à la fois menait la procédure d'expropriation la plus importante en France depuis la création du fonds Barnier, et mettait en place un système de surveillance permanente unique en Europe,
- leur espoir de voir la nouvelle impulsion donnée en 2004 par le préfet déboucher sur des solutions durables,

- la disposition des représentants des collectivités à examiner les propositions qui seraient faites par l'Etat, même si certains ont fait part d'une réserve sur la capacité de communes à s'investir financièrement.

3.6 Synthèse sur les enjeux au regard des aléas

Comme cela a été indiqué au § 3.1, la mission juge approprié de traiter séparément les enjeux relatifs aux vies humaines, et les enjeux strictement économiques, que ceux-ci portent sur des destructions et des endommagements d'habitations ou d'infrastructures, ou sur des perturbations à l'activité socio-économique locale, à l'amont ou à l'aval.

3.6.1 Les enjeux humains

On considère ici, comme dans le reste du rapport, que le dispositif d'alerte mis en place sur le versant donne un délai de préavis suffisant pour interrompre totalement la circulation sur la RN 91 : les seuls risques pour les vies humaines correspondent donc non à l'éboulement lui-même, qui ne devrait normalement faire aucune victime, mais à l'inondation à l'aval provoquée par la rupture du barrage naturel formé sur la Romanche.

Le nombre potentiel de victimes dépend essentiellement du délai d'alerte et de l'efficacité du plan de secours, en particulier en matière d'évacuation des zones menacées. Cela suppose, entre autres, une très bonne compréhension des enjeux par les populations concernées. Le délai de préavis pour une évacuation avant éboulement, cité par ailleurs, devrait être de l'ordre de 36 heures à 3 jours selon le scénario. En revanche le délai d'arrivée de l'onde de crue après rupture du barrage est extrêmement bref : moins d'une demi-heure à Vizille, 2 heures à Grenoble dans le scénario 370.

La mission a eu un échange approfondi avec les autorités responsables (Direction de la Défense et de la Sécurité Civile et Préfecture) sur les risques de victimes liées aux différents scénarios. Les ordres de grandeur proposés ci-après résultent de ces échanges. La mission a par ailleurs utilisé les données fournies par l'étude socio-économique du risque en matière de population dans les zones inondables de chaque scénario, par recoupement des données cadastrales et INSEE et des données des études hydrauliques d'inondabilité.

Elle a ensuite raisonné par analogie en utilisant les retours d'expérience de catastrophes naturelles qu'on peut considérer comme comparables, dans la nature et l'amplitude des phénomènes en cause : les scénarios les plus bas (338, 350) correspondent à des crues rapides de grande ampleur telles qu'on en connaît assez régulièrement dans le midi de la France (crues du Gard, de l'Aude, Vaison-la-Romaine, etc.), alors que les scénarios hauts (360, 370) sont davantage comparables à des scénarios de rupture de barrages artificiels (Bouzey) ou de digues (Moissac), l'importance de la zone agglomérée accroissant l'enjeu.

**Ordre de grandeur du nombre de victimes possible, avec alerte et plan d'évacuation, mais sans parade technique
(estimation pour les seuls besoins de l'étude économique)**

Scénario d'aléa	Description physique de l'inondation et de sa zone d'extension	Population²⁴ dans la zone atteinte	Evaluation du nombre possible de victimes (ordre de grandeur)
338	Analogue à une crue très forte (bi-centennale) et très rapide jusqu'à Vizille et Jarrie, insensible plus à l'aval	2 à 5 000	Quelques unités
350	Crue exceptionnelle (plusieurs milliers de m ³ /s), puis très forte de Vizille au confluent Drac-Romanche, insensible plus à l'aval	5 à 10 000	Quelques dizaines
360	Crue exceptionnelle (plusieurs milliers de m ³ /s), puis très forte de Vizille au confluent Drac-Romanche et à Pont-de-Claix, insensible plus à l'aval	10 à 15 000	Quelques dizaines à une centaine
370	Crue exceptionnelle (plusieurs milliers de m ³ /s), puis très forte de Vizille à Pont-de-Claix, débordement de la digue Marcelline et inondation de Grenoble	Environ 200 000	D'une centaine à plusieurs centaines (cf. commentaire ci-dessous).

Ces chiffres sont évidemment à prendre avec précaution. La mission considère cependant, au vu des nombreuses expériences de catastrophes naturelles passées, qu'ils constituent des ordres de grandeur possibles, qui seraient même sérieusement dépassés en cas de rupture de barrage survenant pendant la phase d'évacuation des populations menacées.

3.6.2 Les enjeux économiques

Ils ont fait l'objet d'une évaluation dans le cadre de l'étude socio-économique décrite au § 1.2., distinguant les enjeux d'amont et d'aval, et les dommages au patrimoine et aux infrastructures ou les pertes d'exploitation ou surcoûts de fonctionnement²⁵. L'insuffisante précision de certaines données d'entrée, notamment en matière de dommages industriels, conduit à ne les considérer que comme des ordres de grandeur, suffisants toutefois pour fonder un raisonnement sur l'efficacité économique des parades.

²⁴ source : étude Gipéa (cf. documents annexés), par rapprochements des cartes d'inondabilité et des données INSEE et cadastre.

²⁵ L'étude elle-même intègre dans les résultats une évaluation économique des pertes en vies humaines, chiffrées selon des ordres de grandeur utilisés par ailleurs (1 à 3 M€). La mission a jugé préférable de scinder clairement les deux sujets, qui sont de nature différente. De plus la prise en compte de ces coûts ne modifie pas l'ordre de grandeur de la somme des dommages, sauf dans le cas où la gestion de la crise devient impossible.

La méthode utilisée permet par ailleurs de modifier les paramètres utilisés en données d'entrée, si des études plus fines permettaient d'en améliorer la connaissance.

Les résultats bruts sont donnés ci-dessous, en **millions d'€**, hors toute évaluation économique des pertes en vies humaines, et hors parades. Tous les chiffres ne sont à prendre que comme des ordres de grandeur, d'autant plus imprécis que le scénario d'éboulement est important. Le saut quantitatif entre les scénarios 360 et 370 est toutefois bien réel : il correspond au cas où l'agglomération et la ville de Grenoble sont atteintes

Enjeux économiques, hors vies humaines et sans parade, en M€

Scénario d'aléa	Description physique de l'inondation et de sa zone d'extension	Description de l'impact sur la RN 91 et à l'amont	Dommages au patrimoine		Autres Pertes (exploitation et fonctionnement)	Total (ordre de grandeur)
			Aval	amont		
338 (coïncidant avec une crue centennale)	Analogue à une crue très forte (bi-centennale) et très rapide jusqu'à Vizille et Jarrie, insensible plus à l'aval	RN couverte sur 3 à 400 m et 5m de haut. Réouverture en quelques mois	500 à 800 M€	0	35 à 80 M€	500 à 900
350	Crue exceptionnelle (plusieurs milliers de m ³ /s), puis très forte de Vizille au confluent Drac-Romanche, insensible plus à l'aval	RN coupée, réouverture par construction d'une déviation en deux ans.	1 000 à 2 000	5 à 10 (routes)	250 à 300	1300 à 2300
360	Crue exceptionnelle (plusieurs milliers de m ³ /s), puis très forte de Vizille au confluent Drac-Romanche et à Pont-de-Claix, insensible plus à l'aval	RN coupée, déviation deux ans. Le Grand Serre et bas de Séchilienne inondés par le lac	1500 à 3 000	10 à 15	800 à 1000	2500 à 4000
370	Crue exceptionnelle (plusieurs milliers de m ³ /s), puis très forte de Vizille à Pont-de-Claix, débordement de la digue Marceline et inondation de Grenoble	RN coupée, Tunnel nécessaire. Séchilienne inondé par le lac.	5 000 à 10 000	15 à 20	2500 à 5000	7 000 à 15 000

(d'après étude GIPEA, et retraitement par la mission)²⁶.

Le rapport précise plus loin que les évaluations de dommages totaux donnés en dernière colonne, outre leur imprécision, doivent être pondérés par leur probabilité d'occurrence, relativement élevée pour l'aléa 338, mais beaucoup plus faible pour le scénario 370.

²⁶ Les dommages à l'aval ont fait l'objet d'un retraitement par la mission, pour les seuls besoins du calcul économique : sur la base de ratios constatés dans d'autres missions, hors enjeux industriels pour lesquels les données manquent, et par référence à la population des zones menacées dans chaque scénario, figurant au tableau du § 3.6.1, on a évalué l'ordre de grandeur des dommages aux seules habitations à 20 000€ par logement (référence Gard, pour Arles le chiffre serait de 47 000€) puis multiplié par deux pour l'ensemble du patrimoine bâti, et ajouté un forfait pour les dommages industriels et autres infrastructures, sur lesquels les données sont très imprécises (cf. § 3.4).

4 Les parades techniques

Le présent chapitre vise à examiner les parades susceptibles de réduire les dommages décrits au chapitre précédent.

4.1 Les parades non retenues

Un examen des études faites antérieurement a conduit à écarter plusieurs solutions envisagées dans le passé.

4.1.1 L'abattage contrôlé du versant

Une telle solution d'abattage contrôlé consisterait à terrasser (principalement à l'explosif) une partie du versant instable de façon à éliminer l'aléa géologique majeur (et donc l'aléa hydraulique).

Cette solution a été étudiée de façon précise par le BRGM et le LCPC²⁷.

Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes :

- les purges sont pratiquées assez couramment pour résoudre un problème d'instabilité de volume limité (quelques m³ à quelques milliers) et bien individualisé ; elles ne sont pas toujours couronnées de succès ;
- à Séchilienne, ces conditions ne sont pas remplies ; il faudrait enlever au moins 8 à 10 millions de m³ pour avoir un résultat, et la méconnaissance du site et du mécanisme réel de sa déformation rend très aléatoire le bilan de l'opération ;
- les problèmes environnementaux sont non négligeables : stockage des déblais ? impact paysager ? impact hydrogéologique ?

Les contraintes de site (relief, sécurité, etc.) font que l'on se trouverait dans des conditions de chantier très difficiles ; en première approche, la durée des travaux serait de plusieurs années et le coût se situerait entre 50 et 100 M€. Il serait par ailleurs probablement indispensable de prévoir une déviation routière, dans les mêmes conditions que celles évoquées plus loin.

Les solutions reposant sur une « purge » du versant par abattage contrôlé n'apparaissent donc pas réalistes.

4.1.2 L'intervention a posteriori par pompage

Le GAES cite dans son rapport la solution de pompage (cf. rapport de G. Degoutte), et l'écarte explicitement : le débit à pomper en période de crue (hypothèse assez probable lors de l'éboulement) serait en effet extrêmement élevé au regard des installations de pompage habituelles, le chantier devant par ailleurs être conduit dans des conditions de sécurité très hasardeuses, et en urgence.

²⁷ Référence : rapport BRGM-LCPC d'avril 1997 « Prévention du risque d'éboulement à Séchilienne : techniques d'abattage contrôlé ; recherches bibliographiques et analyse de cas »

4.1.3 Le tunnel sous Belledonne

Le tunnel sous Belledonne qui a été envisagé il y a une quinzaine d'années pour le trafic routier, outre des coûts et délais de réalisation considérables, ne résoudrait ni la question de la sécurité de l'accès à l'aval de Rochetaillée, ni la sécurité hydraulique en cas de rupture d'un barrage naturel à Séchilienne. Une variante hydraulique évacuant les débits de crue de la Romanche à Rochetaillée serait d'un coût totalement prohibitif.

4.1.4 Le tunnel mixte, hydraulique et routier

Les réflexions ont conduit à examiner la possibilité d'une parade unique prenant en compte les problématiques hydraulique et routière, sous forme d'un tunnel routier susceptible d'être emprunté par la rivière en cas de barrage de la vallée.

La DDE vient d'effectuer une analyse comparative des avantages et inconvénients d'une telle solution avec deux hypothèses de longueur de tunnel (court et long : 1000 mètres et 2000 mètres).

Il apparaît que la solution avec un ouvrage mixte ne présente pratiquement que des inconvénients par rapport à des ouvrages séparés. Le tableau ci-dessous résume cette analyse.

	COMPARAISON DES SOLUTIONS
Capacité hydraulique	Projets équivalents
Capacité et sécurité routières	Avantage solutions séparées, la solution tunnel mixte nécessitant l'adaptation du projet routier au projet hydraulique
Complexité de la réalisation des ouvrages souterrains	Avantage significatif des solutions séparées
Volume de creusement	Hypothèse tunnels courts : avantages solutions séparées Hypothèse tunnels longs : avantage solution mixte
Coût de réalisation	Hypothèse tunnels courts : avantage solutions séparées (creusement vraisemblablement plus faibles, équipements d'exploitation routière beaucoup plus simples)
Phasage	Fort avantage ouvrages séparés
Mise en place des financements	Avantage solution ouvrages séparés
Exploitation	Fort avantage ouvrages séparés : acceptation difficile de coupures même momentanées de la seule route de desserte de l'Oisans. Protection nécessaire des équipements d'exploitation

Les contraintes de projet et de réalisation d'un tunnel mixte, ainsi que celles d'exploitation ne sont pas compensées par une économie qui semble de toute manière limitée. Ceci est d'autant plus vrai que les hypothèses actuelles d'éboulement conduisent à la réalisation d'un tunnel court.

Il apparaît donc opportun d'abandonner la solution comportant un tunnel mixte.

4.2 Une parade mixte : le merlon de protection

Ce merlon a été réalisé en 1986 dès les premières années de mise en évidence du risque. Il pourrait théoriquement contenir un éboulement de l'ordre d'un million de m³. Cependant, pour des raisons topographiques, il est situé en aval de l'axe de l'éboulement prévisible et n'est pas d'une efficacité totale. Il pourrait par contre être utile dans le cas d'éboulements fractionnés. La Romanche emprunterait alors un chenal réalisé entre son lit actuel et la route nationale.

La prolongation du merlon vers l'Est a été recommandée par le groupe Panet. Elle doit être faite, sa réalisation constituant une protection efficace contre un éboulement fractionné.

4.3 Les parades routières

4.3.1 Déviation à l'air libre

Ce type de solutions présenterait l'avantage d'être réalisable en moins de deux ans à partir de la prise de décision et d'assurer la continuité de la RN 91 en cas d'éboulement de court / moyen terme.

Deux variantes ont été étudiées avec des caractéristiques correspondant aux routes en relief difficile de l'instruction sur l'aménagement des routes principales (A.R.P.). Ces caractéristiques sont moins contraignantes et permettent de réutiliser les deux ponts actuels sur la Romanche.

Elles pourront éventuellement, ne faire l'objet de finitions (tapis d'enrobés, pose de glissières, signalisation...) qu'en cas de nécessité d'utilisation. Ces travaux devront alors être effectués sous circulation.

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de ces deux variantes : toutes les solutions intermédiaires sont bien sûr possibles. Le choix définitif ne pourra se faire qu'après les études d'avant-projet sommaire.

Les variantes de déviation routière

	Côte point haut	Coûts	Inconvénients
Variante hautes	360 NGF	- 12,2 M€ TTC - plus-value pour travaux définitifs = 0,8 M€ TTC	Remblai de grande hauteur (supérieur à 10 m) créant une digue devant l'éboulement Nécessité de trouver environ 500 000 m ³ de remblai
Variante basses	350 NGF	- 6 M€ TTC - plus-value pour travaux définitifs = 0,55 M€ TTC	Remblai très proche du barrage : nécessité de prévoir des protections, et très grosses difficultés de gestion hydraulique du déversement de la retenue d'eau.

Il faut souligner que ces études très sommaires ne prennent pas en compte les difficultés géotechniques éventuelles que l'on pourrait rencontrer lors de la réalisation des travaux, et que les projets devront prendre en compte les effets de vagues provoquées par un éboulement secondaire dans un lac formé (à une cote inférieure à 338 : cf. ci-après, § 4.3.2).

Ces tracés de déviation ont été étudiés dans l'hypothèse d'un raccordement au tracé actuel de la RN 91, en rive droite de la Romanche à l'aval du site, dans le prolongement du projet de déviation de Péage-de-Vizille tel qu'il est étudié actuellement. Un autre tracé de cette déviation, passant en rive gauche de la Romanche à hauteur des captages de Jouchy, a été évoqué devant la mission, mais ne semble pas retenu actuellement par le Conseil Général. Si ce projet était remis à l'étude, un tracé de raccordement en rive gauche tenant compte de la position des casiers hydrauliques (cf. plus loin § 4.3.1) et de la zone de captage devrait être étudié. Sous réserve de ne pas entraver le fonctionnement des casiers hydrauliques, ces deux projets sont équivalents du point de vue de la protection contre l'éboulement.

4.3.2 Tunnel routier

Une solution envisageable pour le moyen et le long terme est la construction d'un tunnel routier.

La cote de la tête amont du tunnel routier est liée à la solution qui sera retenue pour la galerie hydraulique. Le choix définitif sera fait lors des études d'avant-projet sommaire.

Pour des raisons de coût le tracé routier a été étudié avec l'objectif de conserver le demi-échangeur de Séchilienne implanté en amont. Dans ces conditions le niveau maximal de la retenue d'eau ne devra pas dépasser 344 NGF. Une cote supérieure pourrait conduire à noyer les premières maisons du bourg de Séchilienne.

Les études du tunnel routier ont été menées avec les conditions techniques suivantes :

- respect des normes de l'ARP pour la catégorie R 80 (vitesse de référence 80 km/h) ;
- profil en travers de 13 m hors tunnel et de 11,20 m en tunnel. Ce profil permet la création d'un bande cyclable en cohérence avec ce que l'on trouve le long de la RN 91 ainsi que le passage des convois exceptionnels pour desservir les centrales EDF ;
- ventilation par 2 galeries débouchant à l'air libre permettant de limiter la section du tunnel et de servir pour l'évacuation des usagers en cas d'accident.

Quel que soit le tracé retenu, le pont amont sur la Romanche devra être reconstruit car il est mal orienté. Par contre, le pont aval pourrait théoriquement être conservé mais il paraît préférable de le reconstruire un peu plus en aval pour les raisons suivantes :

- l'ouvrage actuel ne permet pas de faire passer la crue centennale. Les études hydrologiques menées postérieurement à la construction du pont ont en effet conduit à réévaluer la valeur d'estimation de la crue centennale, de 600 m³/s environ à 880 m³/s, estimation actuelle. Il serait possible de surélever le tablier de 2 m pour permettre le passage de la crue centennale mais cela conduirait à la mise en place d'un pont provisoire pendant 6 mois. Le coût de ces travaux est évalué à 650 000 € ;
- le tracé en plan actuel de la RN 91 présente en sortie du pont en rive droite un rayon de 100 mètres. Ce rayon, acceptable dans la situation actuelle où le tracé de la RN 91

est sinueux, ne le sera plus après construction du tunnel qui conduira à un tracé plus confortable et donc à des vitesses plus élevées. Il est donc proposé de retenir un rayon en plan de 240 m conforme à l'ARP ;

- la construction d'un nouveau pont permettra de dissocier cette voie définitive de la voie provisoire proposée à court terme et de disposer de plus de liberté pour en optimiser le profil en long. De plus, il sera possible de réaliser les travaux sans gêner la circulation sur la RN 91.

Le coût total de cette solution est estimé à environ 56,5 M€ TTC dont 7,5 M€ pour la reconstruction du pont aval.

Ces coûts ne prennent pas en compte les éventuelles difficultés géotechniques qui pourraient être décelées lors des sondages. Il est cependant à noter que les travaux de creusement de la galerie hydraulique de reconnaissance ont permis d'approcher la connaissance géologique du massif de fondation du tunnel, qui est globalement homogène et de bonne qualité.

4.4 Les parades hydrauliques

Les parades hydrauliques envisageables visent soit à écrêter l'onde de crue provoquée par la rupture du barrage naturel formé par l'éboulement, soit à empêcher ou limiter la formation d'un lac derrière ce barrage.

L'écrêtement de l'onde de crue par un dispositif de « ralentissement dynamique » permettant à l'eau de se répandre dans des casiers hydrauliques n'a de sens que pour des volumes d'eau à évacuer assez modestes.

Pour des retenues plus importantes, la seule solution techniquement envisageable est d'empêcher le remplissage de la retenue par un dispositif de vidange de fond, par un tunnel ou une galerie hydraulique de débit suffisant. Le pompage de l'eau dans la retenue exigerait en effet des moyens techniques totalement irréalistes, les débits entrant à évacuer apportés par la Romanche pouvant être de l'ordre de 400 (pour la crue décennale) à 880 m³/s (pour la crue centennale), alors que des installations de pompage mobiles même très puissantes n'évacueraient que des volumes de l'ordre de quelques m³/s à quelques dizaines de m³/s.

4.4.1 Les casiers hydrauliques

Un dispositif de casiers hydrauliques, permettant l'expansion de l'onde de crue dans le secteur de l'île Falcon libéré par l'expropriation du lotissement qui y était implanté, est actuellement à l'étude à l'initiative de la DDE de l'Isère. Ce dispositif permettrait de stocker très temporairement un volume d'eau dépendant de la surface mobilisée et de la hauteur des ouvrages de ralentissement. Il serait constitué d'épis en enrochements devant résister à la submersion. Il atténuerait les effets de la crue provoquée par la rupture du barrage naturel du scénario 338, le lac de retenue ayant alors un volume de l'ordre de 200 000 m³, à majorer de l'effet de la lame d'eau passant par dessus le barrage : pour une lame déversante de 1 à 2 m de haut, on peut atteindre un volume total d'eau à ralentir de l'ordre de 4 à 500 000 m³.

Un tel dispositif serait en revanche sans effet pour des volumes d'eau à évacuer nettement plus importants. La résistance des épis à la submersion est une caractéristique essentielle : à

défaut, les ouvrages pourraient avoir un effet aggravant en cas de rupture, pour des scénarios plus importants que le scénario 338.

Le coût de cet investissement serait de l'ordre de 3,5 M€, et le délai de réalisation de l'ordre d'un an, la maîtrise foncière étant déjà assurée (Ile Falcon).

Une optimisation du dimensionnement des casiers, en fonction des capacités du site, est à rechercher notamment au regard de la difficulté évoquée au § 4.3.2 pour les éboulements de cote un peu supérieure à 338, et de la protection contre la crue centennale.

4.4.2 Les galeries de vidange de fond de la retenue

La couverture du lit de la Romanche, maintenue dans son lit actuel, n'apparaît pas comme une solution réaliste aux yeux des spécialistes consultés par la mission. En effet, les efforts mécaniques résultant de l'impact d'un éboulement pouvant atteindre plusieurs millions de m³, ayant son origine plusieurs centaines de mètres plus haut, seraient gigantesques, et les ouvrages de protection correspondants ne sont pas réalisables dans l'état actuel des techniques. La seule solution raisonnable est donc de prévoir une dérivation temporaire du lit de la Romanche dans un tunnel foré en rive gauche.

La galerie de reconnaissance ouverte en 1999-2000 a montré que la qualité de la structure géologique était satisfaisante, pour envisager un tel ouvrage.

La mission a fait étudier par le CIH EDF le dimensionnement et le coût approximatif d'une galerie, dans plusieurs hypothèses de débit à évacuer, ces approches complétant celles de la DDE.

Le seuil amont de la galerie doit être le plus bas possible, pour vidanger au mieux la retenue formée derrière le barrage naturel, mais sans pour autant risquer d'être lui-même enseveli par l'éboulement : cela conduit à fixer ce seuil à la cote 338 (comme celui de la galerie de reconnaissance actuelle), avec une très faible marge d'ajustement possible.

L'hypothèse d'une galerie fonctionnant à surface libre et non en charge a été retenue pour le dimensionnement, notamment pour améliorer un peu les conditions d'écoulement dans le cas d'un barrage à 350 ; l'effet sur le diamètre de la galerie est assez modeste. Dans cette hypothèse, la relation entre le diamètre de la galerie, le temps de retour de la crue, le débit à évacuer, et la vitesse d'écoulement de l'eau dans la galerie est donnée dans le tableau suivant (extrait de l'étude EDF précitée) :

Crue	Décennale	Centennale	Bi-centennale	Millénaire
Débit à évacuer (*)	260 m ³ /s	750 m ³ /s	910 m ³ /s	1360 m ³ /s
Diamètre de la galerie(**)	6 m	8,90 m	9,60 m	11,20 m
Vitesse maximum	9,5 m/s	12,7 m/s	13,3 m/s	14,8 m/s

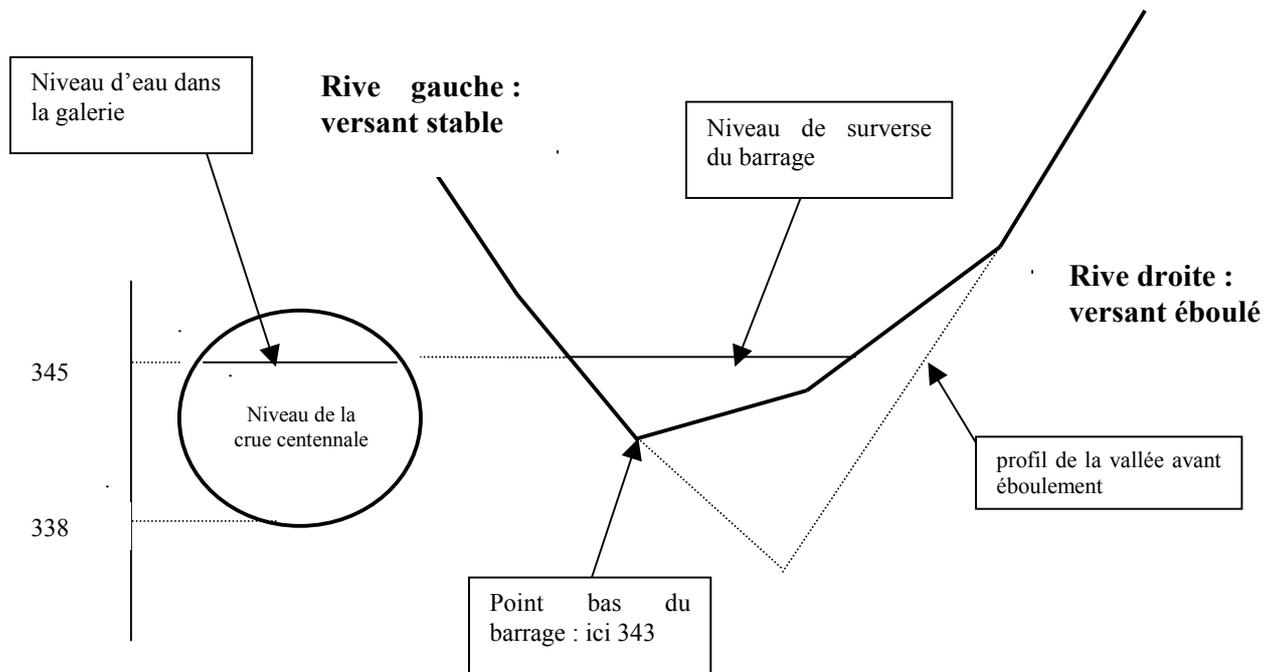
(*) déduction faite du débit passant dans la galerie de reconnaissance et la galerie EDF en rive droite

(**) dans les propositions de synthèse, § 4.4 et 6, ces valeurs sont arrondies à 6m, 9m, 10m et 11m, par simplification. Tous les calculs cités font cependant référence aux valeurs plus précises de l'étude EDF.

Ce tableau appelle plusieurs remarques importantes :

- les vitesses d'écoulement de l'eau sont très élevées, jusqu'à 15 m/s dans les hypothèses de crues retenues. Même avec un revêtement en béton, indispensable pour éviter le risque de dommages importants et donc d'obturation rapide, elles ne sont admissibles que pendant de courtes périodes, et un endommagement du béton est probable. Une révision de la galerie après les crues très fortes sera donc indispensable,
- pour les scénarios d'éboulement 350²⁸ et au-delà, une galerie de 11,20m de diamètre rend le site « transparent » par rapport aux crues, jusqu'à la crue millénaire, et quelle que soit la hauteur du barrage naturel : la retenue formée derrière l'éboulement ne peut pas se remplir, et le barrage n'a donc pas de raison de se rompre par surverse,
- toujours pour ces scénarios au-delà de 350 (dont on rappelle qu'ils sont jugés très peu probables à court et moyen terme par le rapport Panet de 2003), une observation très rapide et avant tout calcul peut faire craindre que des crues plus fortes que la crue millénaire provoquent la constitution d'un lac de retenue, puis sa rupture par surverse, le débit sortant par la galerie étant inférieur au débit entrant dans le lac. Sans insister sur le caractère très peu probable de ces différentes hypothèses, on verra plus loin (cf. § 6.1.1) que l'effet de laminage de la crue grâce au débit sortant par la galerie d'une part, et à l'amortissement de l'onde de crue par le lac de retenue d'autre part, donnent une sécurité bien supérieure. La mission ne tient pas compte ici du fait que la crue décennale provoquerait, hors tout éboulement à Séchilienne, des dégâts qui rendraient sans doute le « sur-accident » de Séchilienne peu visible, en tout cas au-delà de Vizille : il suffit de rappeler ici que Vizille et Jarrie sont largement inondées dès la crue centennale, et que Grenoble n'est protégée des crues du Drac que contre la crue cinq-centennale. Ce point sera repris au § 6.1.1., à propos du dimensionnement de la galerie.
- En revanche, les scénarios d'éboulement **compris entre 338 et environ 348** peuvent conduire à une situation où la galerie est inopérante. Ce cas est illustré par le schéma suivant représentant la vallée en coupe transversale, à hauteur du barrage formé par l'éboulement :

²⁸ En toute rigueur, 348 et au delà, d'après le calcul effectué par G. Degoutte, intégrant l'effet de la vidange en continu par la galerie sur la forme de l'onde de crue et son débit instantané maximum.



L'arrivée d'une crue peut provoquer dans certaines hypothèses l'écoulement simultané par la galerie et par dessus le barrage naturel, mettant celui-ci en danger de rupture. La protection est assurée pour des crues d'autant plus importantes que le barrage est haut, le déversement simultané par les deux voies étant alors plus rarement atteint.

Le calcul effectué par Gérard Degoutte et figurant dans le rapport du GAES montre que le barrage naturel est protégé contre la crue décennale s'il dépasse la cote 342, contre la crue centennale s'il dépasse la cote 344, la crue bicentennale à la cote 345 et la crue millénale à la cote 348.

Ce risque existe donc, à des degrés divers selon la liaison entre importance de l'éboulement et débit de crue, pour tous les niveaux de barrage naturel compris entre le point bas (338) et 348, en référence à la crue millénale.

Le risque peut être réduit en abaissant le niveau d'eau correspondant à l'écoulement d'un débit donné par la galerie, ce qui peut être obtenu par exemple en faisant deux galeries de section plus faible côte à côte. Cette solution peut aussi présenter l'avantage d'échelonner les dépenses dans le temps, tout en ayant plus vite une protection assurée contre les aléas les plus probables : cette solution sera évoquée dans les propositions de la mission, au § 6.1.1. G. Degoutte a effectué sur ce point à la demande de la mission un calcul de comparaison entre les effets d'une galerie de 11,2 m de diamètre (résultat de l'étude EDF, pour passer la crue millénale à surface libre), et deux galeries de 8,5m de diamètre. La comparaison est donnée dans le tableau ci-dessous :

Cote maximale de la retenue

Crue	Q_{10}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}	Q_{5000}	Q_{10000}
Débit de pointe m^3/s	400	880	1050	1290	1470	1880	2060
Une galerie 11,2 m	341,74	344,36	345,25	346,58	348,05	358,56	362,32
Deux galeries 8,5 m	340,91	342,97	343,67	344,80	348,69	358,81	362,65

Ce tableau montre qu'avec deux galeries de 8,50m, le gain en hauteur (donc en sécurité) est significatif pour les crues « moyennes » (Q₁₀₀ à Q₅₀₀), alors qu'elles débitent un peu moins pour les crues extrêmes. La solution à deux galeries sera cependant plus coûteuse, la section cumulée étant ici de 113,5 m² au lieu de 98,5 pour une galerie de 11,2m.

Le cas particulier défavorable des scénarios 338 à 348 justifie donc que des études complémentaires soient engagées rapidement, au stade de la faisabilité du projet, sur différentes solutions techniques :

- possibilité de parer par des casiers hydrauliques de dimension suffisante le risque de débordement dans les scénarios d'éboulement compris entre les cotes 338 et 345
- abaissement maximum du niveau d'entonnement de la galerie (le niveau de 338 retenu ici est celui de la galerie de reconnaissance. Tout abaissement même faible de ce niveau est favorable à la résolution du problème posé, les limites étant constituées par le risque de couverture par l'éboulement, la pente interne de la galerie qui ne doit pas favoriser les dépôts de matériaux, et les contraintes du site (passage de la route, qui rend complexe un entonnement déporté vers l'aval).
- conception de l'ouvrage d'entonnement amont de la galerie (l'ouvrage d'entonnement de la galerie de Randa, en Suisse, conçu pour des débits nettement plus faibles, semble prendre en compte des difficultés de même nature)
- optimisation de la forme de la galerie, et choix éventuel d'une solution à deux galeries plus petites.

4.5 Synthèse sur les parades : coût, délai et performances

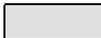
Les coûts et délais de réalisation des parades étudiées sont données ci-dessous:

Parades	Solution technique	Caractéristiques	Coûts TTC	Délais de réalisation ²⁹
Routières	Déviations RG, variante basse	Cote maxi 350	6,3 M€	2 ans
	Déviations RG, variante haute	Cote maxi 360	13 M€	2 ans
	Tunnel routier	Longueur : 800 m environ	56,5 M€	5 ans*
Hydrauliques	Casiers hydrauliques		3,5 M€	1 an
	Galerie hydraulique Ø 6m	Longueur 1200m	22,5 M€	4 ans**
	Galerie hydraulique Ø 9m	Longueur 1200m	45 M€	4 ans**
	Galerie hydraulique Ø 11m	Longueur 1200m	77,5 M€	5 ans**

* source : CETU

** source : EDF

Les performances des parades, définies par le niveau de protection qu'elles apportent contre les différents niveaux d'aléas, sont données dans le tableau ci-après.

- La trame  indique l'inefficacité de la parade dans le scénario considéré,
- la trame  indique une efficacité sous condition.

²⁹ Ces délais comprennent les études préalables, l'élaboration de l'avant-projet sommaire et du projet, les procédures administratives (DUP et loi sur l'eau), la consultation des entreprises, la réalisation des chantiers. Ils ne comprennent pas les délais nécessaires aux prises de décision de maîtrise d'ouvrage et de financement. Selon d'autres sources, les délais de travaux sans incident pourraient durer de 12 à 18 mois, auxquels s'ajoutent deux ans pour les études et l'instruction administrative.

Performance des parades

Scénario Nature de la parade	338 (*)	350 (*)	360	370
Déviations routière basse (passage à la cote 350, en rive gauche)	abritée de l'éboulement coupée à l'aval par la submersion, en l'absence de casiers	En limite d'éboulement Noyée à l'amont et coupée à l'aval par la submersion, en l'absence de galerie	Détruite	Détruite
Déviations routière haute (passage à la cote 360 en rive gauche)	abritée de l'éboulement coupée à l'aval par la submersion, en l'absence de casiers	Abritée de l'éboulement Noyée à l'amont et détruite à l'aval par la submersion, en l'absence de galerie	En limite d'éboulement Noyée à l'amont et détruite à l'aval par la submersion, en l'absence de galerie	Détruite
Tunnel routier	Route abritée de l'éboulement Route coupée à l'aval par la submersion, en l'absence de casiers	Route abritée de l'éboulement Route noyée à l'amont et détruite à l'aval par la submersion, en l'absence de galerie	Route abritée de l'éboulement Route noyée à l'amont et détruite à l'aval par la submersion, en l'absence de galerie	Route abritée de l'éboulement Route noyée à l'amont et coupée à l'aval par la submersion, en l'absence de galerie
Casiers hydrauliques	Protègent l'aval contre la crue, en cas de rupture du barrage 338	Sans effet	Sans effet	Sans effet
Galerie Ø 6 m (dimensionnée pour la crue décennale)	Sans effet (seuil de la galerie au niveau du lac 338)	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue décennale Q₁₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₁₀	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue décennale Q₁₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₁₀	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue décennale Q₁₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₁₀
Galerie Ø 9 m (dimensionnée pour la crue centennale)	Sans effet (seuil de la galerie au niveau du lac 338)	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue centennale Q₁₀₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₁₀₀	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue centennale Q₁₀₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₁₀₀	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue centennale Q₁₀₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₁₀₀
Galerie Ø 11 m (dimensionnée pour la crue millénaire)	Sans effet (seuil de la galerie au niveau du lac 338)	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue centennale Q₅₀₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₅₀₀	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue centennale Q₅₀₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₅₀₀	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue centennale Q₅₀₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₅₀₀

(*) : les scénarios entre 338 et 348 nécessitent une analyse séparée (cf. § 4.3.2)

Ce tableau appelle quelques commentaires importants :

- ***seules les parades hydrauliques assurent une protection contre les risques de pertes en vies humaines³⁰***. On rappelle que les ruptures de barrage et les crues sont fortement corrélées. En cas d'éboulement, la probabilité d'avoir simultanément une crue supérieure à la décennale (respectivement : à la centennale) en même temps que l'éboulement est nettement supérieure à 10% (respectivement 1%)³¹ : le choix du débit de la galerie doit donc être fait avec une attention particulière, pour assurer une bonne sécurité,
- ***les parades routières seules, sans parade hydraulique associée, ne suffisent jamais à garantir le maintien de la circulation***, du fait du risque d'inondation ou de coupure de la route par submersion en cas de rupture du barrage,
- ***les galeries ne sont pas efficaces pour les scénarios d'éboulement inférieurs à l'éboulement 338***, le seuil amont de la galerie étant à la cote 338 (sous réserve de l'étude d'un dispositif particulier d'entonnement) ; les casiers sont donc de toute façon nécessaires,
- ***les scénarios intermédiaires entre 338 et 348***, décrits au § 4.3.2 ci-dessus, ne sont pas pris en compte dans le tableau. Ils nécessitent une étude spéciale sur la dimension des casiers.

³⁰ On suppose, ici comme dans le reste du rapport, que le dispositif d'alerte de l'éboulement permet de couper la route en urgence, évitant le risque de morts sous l'éboulement.

³¹ le calcul effectué en annexe 7 montre que dans le cas d'éboulement, on est plutôt à environ 30% de chances de dépasser Q_{10} et 6 ou 7% de chances de dépasser Q_{100} , du fait de la liaison entre les probabilités d'éboulement et de crues, alors que ces pourcentages seraient de 10% et 1% si les probabilités étaient indépendantes.

5 Les comparaisons avec d'autres situations

Compte tenu des enjeux et du coût des parades, il a paru utile de donner trois points de repères d'ordre différent :

- comment situer le risque "Séchilienne" dans l'ensemble (fourni) des risques de l'agglomération grenobloise - (§5.1) ?
- comment ont été traités les risques d'éboulement sur d'autres itinéraires dans l'arc alpin - (§5.2) ?
- en quoi les exemples de traitement de "crues rapides" (type cévenoles) sont ils des repères utiles (ou non transférables ?) - (§5.3) ?

5.1 Séchilienne et les autres risques de l'agglomération grenobloise

Peut-on situer le risque "Séchilienne" de moyen et long terme dans l'éventail des risques naturels et technologiques auxquels est exposée l'agglomération grenobloise ? La lecture des DCS des communes de l'agglomération, du DICRIM de Grenoble (août 2004), des documents similaires des communes voisines (quand ils existent) font état

pour le risque naturel :

- de l'inondation (bi-centennale pour l'Isère, cinq-centennale pour le Drac à l'aval de la Romanche, moins que centennale pour la Romanche. Ces trois rivières sont endiguées,
- de feux de forêts (pour le seul secteur de la Bastille à Grenoble),
- de mouvements de terrain, notamment dans le secteur précédent,
- de tremblement de terre (zone 1b, sismicité faible) avec risque d'amplification dans les alluvions.

pour le risque technologique :

- de l'accident industriel, lié notamment aux plates-formes chimiques (Jarrie, Champagnier, Pont-de-Claix, classé "Seveso seuil haut" - à hauts risques- avec des zones de périmètres concernés de 4 à plus de 6000 mètres)
- de l'accident nucléaire (7 installations nucléaires de base³² dont 4 à risques) avec une zone de restriction de l'urbanisme de 180 m pour le PPI de l'institut Max von Laüe - Langevin, à la confluence Drac / Isère,
- du transport de matières dangereuses (voies ferrées, voies routières, pipelines (gazoduc, fluides industriels,...))
- de la rupture de barrages (cf. tableau) : 9 ouvrages menacent l'agglomération (dont 7 pour Grenoble), et leur rupture peut générer des vagues de plusieurs mètres, survenant de moins d'une heure (Monteynard) à quelques heures après l'événement,

De ce panorama, on retiendra que les effets d'un éboulement de moyen et long terme à Séchilienne sont comparables à ceux d'une rupture de barrage.

³² Certaines sont en cours de désarmement.

Ils sont par exemple, par rapport à la rupture du barrage de Monteynard :

- aussi rapides (moins d'une heure),
- moins "graves" : vague de 1 à 2 mètres à Grenoble pour Séchilienne contre 8 à 12 à Grenoble pour Monteynard, mais pour Séchilienne, plusieurs mètres à Vizille,
- beaucoup plus probables en probabilité annuelle (10^{-5} à Monteynard, contre $10^{-1}/10^{-3}$ ou 10^{-4} , à Séchilienne)³³

En terme d'action publique, la prise en compte du risque de Séchilienne paraît donc amplement justifiée, d'autant qu'elle comporte, comme la rupture de barrage un enjeu humain ; la conduite en parallèle des PPI des barrages au sud de Grenoble ne peut être que bénéfique (mêmes enjeux menacés).

5.2 Le traitement de risques d'éboulement menaçant d'autres itinéraires ou d'autres lieux habités

5.2.1 La RN 90 (Tarentaise) et la RN 212 (Val d'Arly)

La Tarentaise est située en Savoie à l'amont de Moutiers. Elle est desservie par la RN 90 qui a été aménagée à 2 x 2 voies, dans la vallée de l'Isère, entre Albertville et Moutiers.

Le Val d'Arly est situé également en amont d'Albertville. Il permet le passage de la RN 212, qui donne accès à plusieurs stations de sports d'hiver dont Megève.

Les phénomènes

Il s'agit essentiellement de chutes ponctuelles de pierres ou de rochers, parfois de grande taille, qui peuvent entraîner des fermetures temporaires des itinéraires.

Les enjeux

Contrairement à la vallée de la Romanche et à l'éboulement des Ruines de Séchilienne, il n'y a pas de risque de constitution de barrages naturels de grande taille et d'inondation des villes situées en aval. Par contre la coupure de la RN 212 et surtout de la RN 90 peut avoir des conséquences graves.

Pour la Tarentaise, la RN 90 est le seul accès routier en période hivernale. Or, cette route dessert le plus grand domaine skiable d'Europe (plus de 300 000 lits et 25 000 emplois).

En cas de coupure, le seul moyen de transport est le chemin de fer lui même confronté aux mêmes risques et aux mêmes enjeux. En plus des risques pour les usagers de la route, une coupure de longue durée pourrait donc avoir des conséquences graves en hiver avec l'isolement de quelques centaines de milliers de vacanciers.

³³ On rappelle ici la difficulté d'attribuer une probabilité à ce type d'évènements géologiques, et séquentiels.

En été, d'autres accès existent mais nécessitent des passages par des cols situés à des altitudes proches ou supérieures à 2000 m (Cormet de Roselend, Petit-Saint-Bernard, Iseran).

Pour le Val d'Arly, les enjeux sont moins importants en cas de coupure, fréquente et souvent de longue durée, de la RN 212. En effet, il existe une déviation par la RD 109 aux caractéristiques médiocres mais praticable en hiver et surtout un accès par Sallanches à partir de l'autoroute A 40. Cependant plusieurs accidents mortels sont à déplorer pour les usagers de la RN.

Les parades mises en place ou programmées

Pour la Tarentaise

Dans le cadre des jeux olympiques d'hiver qui se sont déroulés en 1992 à Albertville et dans les stations de sports d'hiver voisines, l'autoroute A 43 a été prolongée jusqu'à cette ville. Le financement en a été assuré par la société concessionnaire AREA.

En amont d'Albertville, l'aménagement à 2 x 2 voies de la RN 90 a été réalisé sous maîtrise d'ouvrage Etat avec participation financière de la Région et du Département.

Le coût de ces travaux a été de 115,7 M€ (valeur 1989) soit 200 M€ (valeur 2004).

Parallèlement, l'opération d'exploitation RECITA a été mise en place afin d'éviter qu'en période de pointe, des bouchons ne se créent dans les zones exposées aux chutes de rochers. Cette opération consiste à arrêter les usagers en aval d'Albertville ou à Aigueblanche pour que le trafic à écouler ne dépasse pas la capacité de la route.

Enfin, un programme de sécurisation des itinéraires alpins, pour la période 2000 - 2006 a été mis en place à la suite d'un rapport d'expertise établi en 1999 à la demande de la Direction des Routes. Ce programme concerne également les départements de l'Isère, de la Haute-Savoie et de l'Ain.

Pour la Savoie le montant total inscrit au programme est de 1 017 MF (soit environ 155 M€). Le financement se répartit globalement de la manière suivante :

- Etat : 335,7 MF
- Région Rhône-Alpes : 205 MF
- Département de la Savoie : 476,3 MF

Les travaux correspondants sont partiellement engagés.

Pour le Val d'Arly

Deux ouvrages de protection contre les chutes de rochers ont été inscrits au programme de sécurisation des itinéraires alpins pour un montant de 33 MF (soit environ 5 M€) financés pour 1/3 par l'Etat, 1/5 par la Région et 7/15 par le Département.

Les travaux correspondant à ce programme sont en cours de réalisation.

En 2004, un programme triennal de plus de 15 M€ a été annoncé par l'Etat.

5.2.2 La route d'accès à Auron : La Clapière (Saint-Etienne-de-Tinée)

Localisation

Haute vallée de la Tinée (80 km au nord de Nice), immédiatement à l'aval de Saint-Étienne-de-Tinée.

Le phénomène

Glissement de grande ampleur affectant des gneiss et micaschistes altérés et fracturés, probablement né au début du XX^{ème} siècle, mais conditionné par la décompression et un fauchage post-glaciaires du versant. Vitesses comprises entre 0,1 et 10 cm/j suivant les périodes et les parties du glissement.

Volume mobilisé : environ 50 millions de mètres cubes. Hauteur : 600 m. largeur : 800 m. Épaisseur de terrain en mouvement : 50 m ?

N.B. Aucune reconnaissance par sondage n'a été effectuée, compte tenu de l'absence d'accès.

Conséquences éventuelles d'une rupture généralisée : barrage de la vallée, formation d'un lac à l'amont (en 24 h, typiquement), rupture du barrage avec crue dévastatrice à l'aval.

Suite à l'éboulement catastrophique de Val-Pola, en Lombardie (1987), on a envisagé qu'un effet de souffle puisse se développer en cas de rupture brutale, comme en Italie, ce qui étendrait la menace à la majeure partie du village de Saint-Étienne-de-Tinée.

Enjeux menacés (situation de 1980)

Au droit du glissement, avec menace directe par l'avancée du glissement et les éboulements : la RD, quelques constructions.

A l'amont : ennoisement d'une partie du village de Saint-Étienne-de-Tinée; fermeture de l'accès à la haute vallée, avec essentiellement la station de ski d'Auron (le col de la Bonnette n'a qu'un faible trafic estival).

A l'aval, en cas de débâcle catastrophique : la RD en plusieurs endroits, la partie basse du village ancien d'Isola.

Historique

Découvert dans les années soixante-dix, suite à des chutes de blocs et des déformations affectant la route du fond de vallée, il a été instrumenté et suivi depuis 25 ans par le CETE -

Méditerranée. Une importante accélération a eu lieu en 1987, entraînant une très forte inquiétude (on parlait d'évacuer Saint-Étienne-de-Tinée), mais le mouvement s'est ensuite ralenti. A noter une petite crise fin 2000, liée à des précipitations abondantes, qui a inquiété les autorités locales.

Le pied du glissement a avancé de 60 m environ en 25 ans, détruisant l'ancienne RD et repoussant la rivière.

Situation actuelle

Le ralentissement observé depuis 2 à 3 ans conduit à favoriser un scénario de retour au calme, voire de stabilisation, sans toutefois qu'il s'agisse d'une certitude : c'est pourquoi la surveillance est fortement allégée, mais son principe est maintenu.

Des éboulements partiels par rétrogression vers l'amont sont possibles à court ou moyen terme (quelques millions de mètres cubes), mais ne devraient pas barrer la vallée de façon significative. L'hypothèse de l'effet de souffle est par ailleurs abandonnée.

Les parades mises en place :

- Pour les bâtiments : une scierie a été évacuée (indemnisation par les assurances), puis trois maisons sont en cours d'expropriation (loi Barnier).
- Pour la RD : dans les années 70, édification d'un merlon pare-blocs ; après une première déviation provisoire de l'autre côté de la Tinée, mise en service en urgence en 1984 (danger patent sur la route), une déviation définitive a été ouverte en 1987, qui monte sur le versant opposé et permet d'accéder soit à Saint-Étienne-de-Tinée, soit à Auron (coût de la déviation de la RD, en 1987, environ 30 MF pour 3 km). Déviation également des réseaux téléphoniques et électriques.

N.B. : Un téléphérique reliant Saint-Étienne-de-Tinée à la station d'Auron a été financé par le département (pour compenser la perte pour les commerçants, du fait que les automobilistes ne passaient plus nécessairement par Saint-Étienne pour aller faire du ski).

- Pour la rivière Tinée : galerie hydraulique construite (1989 - 1991) en rive droite de la Tinée, capable d'absorber la crue décennale (à l'époque, on envisageait de doubler ultérieurement cette galerie). Coût prévisionnel : 120 MF ; coût réel : 210 MF (difficultés géologiques...). Financement partagé Etat / Département.

Deux erreurs de conception ont conduit à des travaux :

- de reconstruction de l'entonnement amont, initialement trop fragile,
- de réparation du radier, fortement endommagé par les matériaux charriés.

- Pour la sécurité civile :

- surveillance puis télésurveillance, financées principalement par l'État (MEDD aujourd'hui),
- zonage de sécurité (interdiction d'accès dans la zone active) dès 1988,
- plan de secours (première version en 1980, plusieurs fois révisé), intégrant le risque d'inondation brutale de l'aval.

Un comité d'experts permanent a été mis en place en 1996, en appui du préfet ; il est toujours en activité.

- Pour l'aménagement du territoire :
 - en 1992, prise en compte dans le POS ;
 - en 1996, approbation du PPR de Saint-Étienne-de-Tinée ;
 - en 2002, projet de révision du PPR (moins contraignant, compte tenu des évolutions récentes).

5.2.3 L'accès à Zermatt : Randa (Valais suisse)

Localisation

Vallée de la Viège donnant accès à Zermatt, dans le Valais (Suisse), une dizaine de kilomètres à l'aval de la station.

Le phénomène

Éboulements rocheux survenus en 1991 :

- le premier le 18 avril, totalement imprévu (20 millions de m³) ;
- le second le 9 mai, bien prévu par l'instrumentation mise en place (10 millions de m³).

A noter : nuages puis dépôts de poussières très importants lors des éboulements.

On a craint à ce moment les effets de la formation d'un lac à l'amont, d'un nouvel éboulement dans le lac et d'une rupture du barrage naturel.

Dans certaines hypothèses, le lac pouvait atteindre un volume de quelques millions de m³. Des simulations de crue liée à la rupture du barrage ont été réalisées.

Enjeux

Aucune victime, mais du bétail a été enseveli et quelques chalets de vacances et granges ont été détruits par l'éboulement.

La route et la voie ferrée ont été coupées lors du deuxième éboulement : accès à la station de Zermatt.

La Viège a été barrée, et un lac s'est formé, engendrant une inondation de la partie basse de Randa et de la route à l'amont.

A l'aval, quelques hameaux étaient menacés en cas de rupture du barrage.

Situation actuelle

Risque de nouvel éboulement régressif : une importante instrumentation de surveillance a été mise en place.

Parades mises en place

- Mesures d'urgence :

Maintien de la circulation pendant la crise : pont de bateaux fourni par l'armée.

Pompage des eaux du lac : 11,5 m³/s en juin à l'aide de 37 pompes.

Aménagement d'un chenal pour la Viège (capacité de l'ordre de 100 m³/s) : chantier de plusieurs mois.

Coût du pompage et du chenal : 40 millions de FS.

- Mesures définitives :

Déviations de la route.

Galerie de dérivation de la Viège (3,7 km), de capacité 200 m³/s (crue Q₃₀₀). Les travaux ont duré 2,5 ans (mise en service début 1994, non compris les ouvrages d'entrée et de sortie). Coût : 40 millions de FS.

5.2.4 Valpola (Lombardie, Italie)

Localisation

Vallée de l'Adda (Valtellina), en Lombardie (Italie), une dizaine de kilomètres à l'aval de la station de Bormio.

Le phénomène

En juillet 1987, des pluies diluviennes et une fonte importante en altitude provoquent des inondations, crues torrentielles et glissements de terrain qui causent de très importants dégâts dans toute la vallée.

Le 18 juillet, une coulée de boue issue du Val-Pola crée un petit barrage de l'Adda, avec un lac de retenue de 50 000 m³ environ. Une ouverture de fissures en haut du versant rocheux est remarquée trois jours avant l'éboulement (bien qu'il n'y eût pas d'instrumentation sur le site) ; nombreuses chutes de pierres.

L'éboulement du 28 juillet mobilise 35 millions de m³ de roches (diorites). La chute dans le petit lac précédemment formé engendre une vague qui détruit deux hameaux, parcourt 2,5 km vers l'amont de l'Adda et atteint le village d'Aquilone.

Les éboulis forment d'un barrage de 1300 m de long (dans le sens de la vallée) et 33 m de haut au point bas de la crête. Un lac se constitue, dont le niveau monte lentement (bassin versant de 530 km², mais une galerie hydroélectrique existante permet de dériver une partie du débit) ; la retenue atteint 15 millions de m³ à la mi-août.

Enjeux

L'éboulement a fait 27 victimes : 7 ouvriers qui travaillaient au drainage du petit lac et 20 personnes à Aquilone, l'évacuation des habitants les plus proches (500 foyers) ayant permis d'éviter de plus lourdes pertes.

Le petit village de Morignone et plusieurs hameaux ont été détruits.

La route a été coupée (accès à la station touristique de Bormio).

Situation actuelle

Risque de nouvel éboulement régressif : une importante instrumentation de surveillance a été mise en place.

Parades mises en place

- *Instrumentation pour la surveillance* de l'escarpement amont, du fait du risque d'éboulements régressifs (quasi-complète et automatisée en octobre 1987).

- *Aspect hydraulique* :

Mise en place de moyens de pompage en 40 jours (coût : 500 MF ?).

Aménagement d'un chenal évacuateur sur la masse éboulée : un déversement contrôlé a eu lieu fin août, après que 25 000 personnes aient été évacuées à l'aval (plusieurs jours) ; le barrage naturel n'a été que peu érodé.

Pour régler le problème du risque hydraulique de façon permanente, deux galeries ont été creusées (longueurs identiques : 3,5 km ; capacités : 350 et 150 m³/s, soit permettant de faire transiter la crue Q₂₅₀). De plus, un déversoir très élaboré a été aménagé sur le barrage naturel, en cas de crue supérieure.

L'ensemble du dispositif était opérationnel en septembre 1988³⁴.

- *Aspect routier* :

Piste provisoire avec rampes à 18 % ouverte en novembre 1987. Elle permet le ravitaillement en convois de la station de Bormio.

Déviation définitive routière en tunnel.

5.3 Le cas des crues rapides

La rupture d'un barrage naturel à Séchilienne, pour les aléas de moyen et long terme, créera un phénomène de vague beaucoup plus brutale qu'une crue rapide, déjà en elle même dévastatrice et mortelle, comme le montrent par exemple les événements en Languedoc-Roussillon depuis 20 ans (coût annuel moyen : 10 victimes et 150 M€ de dégâts) ; le programme de travaux pour un bassin, tel qu'envisagé dans le plan de prévention intégré des inondations (plan Bachelot) représente un investissement pouvant atteindre 30 M€ en ordre de grandeur, essentiellement en ouvrages de protection, pour des populations de quelques milliers d'habitants.

A Séchilienne, les enjeux concernent plusieurs dizaines voire centaines de milliers d'habitants et le risque "rupture de barrages", pour être moins fréquent³⁵, est plus élevé dans ses conséquences (notamment en vies humaines) que le risque "crues rapides".

La référence aux crues rapides ne conclut donc pas à juger démesuré le coût des parades envisagé pour Séchilienne.

³⁴ D'après Costa "Nature, mechanics, and mitigation of the Val Pola landslide, Valtellina, Italy, 1987-1988", cité par G. Brugnot, le "traitement" du glissement et de ses conséquences a coûté environ 400 millions de dollars.

³⁵ Au sens probabiliste, et sous les réserves déjà faites à propos de la notion de probabilité

5.4 Conclusion sur les comparaisons

Le tableau récapitulatif joint montre à l'évidence que dans des situations du même type, les parades mises en œuvre curatives ou préventives ont toujours conduit à des investissements lourds, même pour des enjeux moindres (la Clapière) ou des aléas plus diffus (la Tarentaise). Les solutions préconisées dans ce rapport ne sont donc pas hors norme.

Tableau comparatif des aléas, enjeux et parades

Site	Aléa	Enjeux	Victimes dommages	Parade routière		Parade hydraulique		Autres
				Nature	Coût	Nature	Coût	
N91 Tarentaise (73)	Chutes de blocs pierres et roches	Accès unique à 300000 lits touristiques 25000 emplois (route + voie ferrée)	Accidents	Programme de sécurité (tunnels, déviation)	155 M€ (en sus des 200 M€ JO Albertville)	-		
RN 212 Val d'Arly 73/74	Chute de blocs, pierres et roches Fermeture route	l'un des accès à la Haute Savoie (Megève) hors RD109 et A40	Accident mortel chronique	Ouvrages de protection	5 M€ + 15.7 M€ (2004)	-		
La Clapière 06	Glissement potentiel 50Mm ³ * Destruction de route. Formation d'un lac	Accès à Auron St Etienne de Tinée (≈ 10000 lits touristiques + RD)	Dommages économiques	- Merlon, - Déviation - Téléph.	5 M€	Galerie Hydraul. Q10	≥ 30 M€	
Randa Canton de Valais	- Eboulement rocheux en 1991 20+10=30M m ³ - formation d'un lac - Risque de nouvel éboulement	Accès à Zermatt	Dommages économiques	Déviations	-	Galerie Q500	40 MFS (galerie et route)	<u>Urgence</u> Pompes (11.5 m ³ /s) et chenal 40 MFS
Valpola Valtellina (Lombardie)	- Eboulement 35 Mm ³ en 87 - Lac 15 Mm ³ - Risque de nouvel éboulement	Accès à Bormio, St Moritz et Autriche	27 morts Dommages économiques	Tunnel Routier 10km		2 galeries 3.5 km Q250		Surveillance Pompes et chenal 75 M€

6 Propositions de solutions, et de démarche pour l'avenir

6.1 Les stratégies de parades

On a vu plus haut, à propos de la méthode utilisée (§ 1.2) , puis à propos des enjeux (§ 3.6), que les enjeux humains et les enjeux économiques ne pouvaient pas être traités de la même façon, dans la démarche d'analyse et d'aide à la décision.

L'analyse économique, à partir de la comparaison des coûts et des bénéfices actualisés apportés par les parades, fournit a priori une méthode de raisonnement adaptée face aux enjeux strictement économiques menacés.

La méthode utilisée (cf. § 1.2 et annexe 7) conduit sur ce principe à des évaluations de rentabilité économique des parades, dont le seul objet est de réduire l'impact économique des aléas considérés. Il ne s'agit que d'outils d'analyse et d'aide à la décision, pour estimer globalement la rentabilité des parades dont les enjeux sont économiques et non humains.

Pour les enjeux humains, concernés par les seules parades hydrauliques, il a paru indispensable à la mission de compléter cette approche strictement économique par un raisonnement par analogie avec d'autres catastrophes comparables.

C'est pourquoi deux types de parades sont distinguées ci-après, selon leur impact sur la sécurité des personnes ou seulement sur les enjeux économiques.

6.1.1 Des parades hydrauliques, pour assurer d'abord la sécurité des personnes

Le tableau de synthèse des enjeux humains (cf. § 3.6.1) met en évidence, par référence à des catastrophes comparables, un risque de pertes humaines important : il va de quelques unités à plusieurs centaines, voire plus, selon les scénarios.

Le tableau de synthèse des parades et de leurs performances (cf. § 4.4) indique quant à lui que les casiers hydrauliques, sous réserve d'un dimensionnement suffisant, protègent efficacement contre le risque de rupture du barrage dans le scénario 338 (ou a fortiori pour des scénarios plus modestes). Le même tableau indique que la réalisation rapide d'une galerie, même si elle est prête avant l'éboulement annoncé du scénario 338, ne dispenserait pas de réaliser les casiers hydrauliques. La réalisation de ces casiers constitue donc une opération très urgente, dont la nécessité paraît s'imposer.

Pour les scénarios plus importants, considérés par les experts géologues comme improbables à court terme mais possibles à échéance de quelques décennies, et susceptibles de provoquer selon le cas de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de victimes, seules les galeries hydrauliques peuvent assurer une sécurité suffisante. Deux questions techniques sont à résoudre au stade des études préliminaires :

- *la solution à apporter pour les scénarios d'éboulement compris entre 338 et 350* (cf. § 4.3.2), qui sera un compromis entre un surdimensionnement des casiers hydrauliques,

une répartition du débit total à évacuer entre plusieurs galeries de moindre dimension plutôt qu'une grosse (pour abaisser le niveau de la surface libre de l'eau dans les galeries), la conception de l'ouvrage d'entonnement de la ou des galeries³⁶, y compris la recherche de l'abaissement maximum de la cote du seuil de cet ouvrage.

- *l'optimisation du débit total à évacuer*, et donc de la dimension de la ou des galerie(s). Sur ce point, il semble à la mission qu'**un débit correspondant à l'évacuation de la crue centennale** (soit 800 m³/s, après déduction des galeries existantes) **serait insuffisant** : comme on l'a vu (cf. nota du § 4.4 et annexes 7 et 9), la probabilité de voir une crue centennale coïncider avec un éboulement n'est pas de 1%, comme si les probabilités étaient indépendantes, mais de 6 à 8%. Le scénario « éboulement + crue centennale » a donc une probabilité d'occurrence d'un ordre de grandeur très supérieur, par exemple, à celui des ruptures de barrages artificiels. Ce scénario peut se produire avec des éboulements de volume relativement limité, ne donnant au lac de retenue aucune capacité d'amortissement du pic de crue, et pour lesquels le dépassement du débit d'évacuation de la galerie occasionnerait donc très rapidement la rupture du barrage naturel, avec des dommages très importants à l'aval.

A l'inverse, **un dimensionnement calculé sur le débit de la crue décennale**³⁷ **Q_{10 000}, évoqué par certains des interlocuteurs rencontrés, ne paraît pas justifié à la mission** : une telle crue provoquerait en effet des dégâts colossaux dans tout le cours de la Romanche et du Drac, y compris à Grenoble dont les digues n'assurent la protection que jusqu'à la crue cinq-centennale du Drac. Le dimensionnement de la galerie doit permettre que dans cette hypothèse, le « suraccident » provoqué par l'éboulement de Séchilienne (très probablement favorisé par la situation climatique accompagnant Q_{10 000}) ne provoque pas de dommage significativement plus fort. Si l'éboulement ne forme qu'un lac de volume inférieur à 3 millions de m³ (scénarios 338 ou 350), le sur-débit provoqué par la rupture du lac sera très peu visible au regard de celui de la crue elle-même. En revanche, si la retenue est d'un volume supérieur (scénarios au-delà de 350), le pic de crue, alors significatif, peut être amorti par effet de remplissage de la retenue, la galerie de vidange supposée suffisamment dimensionnée fonctionnant alors en charge. Par exemple, pour la galerie de diamètre 11,2 m permettant d'après le calcul EDF d'évacuer la crue millénaire en écoulement libre, l'arrivée d'une crue décennale provoquerait la mise en charge de la galerie et la montée du niveau de la retenue jusqu'à la cote maximum 362, le niveau du lac redescendant ensuite après le passage du pic de crue³⁸. La seule condition serait alors d'évacuer préventivement le village de Séchilienne, dont la partie basse (lotissement du Grand Serre) serait inondée.

La proposition de la mission est de retenir un débit à évacuer en écoulement libre de l'ordre de celui de la crue millénaire (1360 m³/s, non compris environ 100 m³/s pouvant passer par les deux galeries existantes). Cela correspond à l'hypothèse de la galerie unique de diamètre 11,2 m résultant du calcul EDF.

³⁶ On pourra s'inspirer de l'ouvrage réalisé en Suisse à Randa (cf. § 5.3.2), qui semble avoir, pour partie, une fonctionnalité de répartition des débits entre la galerie et le cours normal de la rivière, semblable à celle qui devrait être recherchée.

³⁷ Sous réserve qu'on sache la calculer : probablement autour de 1800 à 2000 m³/s ?

³⁸ Calcul complémentaire au rapport GAES, effectué par Gérard Degoutte à la demande de la mission. Pour la crue de temps de retour 5000 ans, le même calcul conduit à une cote maximum, avec galerie en charge, de 358m.

Une solution à deux galeries de diamètre plus faible est également envisageable : elle peut améliorer la sécurité des scénarios intermédiaires entre 338 et 350 (cf. ci-dessus, § 4.3.2),

On notera au passage qu'au delà des raisonnements de principe, la marge d'incertitude de certains calculs (notamment ceux des débits de crues exceptionnelles) conduit à ne pas chercher une précision illusoire dans la justification de ce dimensionnement. On notera par ailleurs que la rentabilité économique de ces investissements, calculée hors prise en compte des pertes humaines évoquées ici, apparaît largement assurée (cf. annexes 7 et 9)

La proposition de la mission en matière de parades hydrauliques, pour limiter d'abord les risques relatifs aux pertes humaines mais aussi pour réduire les dommages économiques, est donc double :

- ***engager, dès l'achèvement de l'étude hydraulique en cours à ce sujet, donc dès le début de 2005, la construction des casiers hydrauliques³⁹,***
- ***engager en même temps, dès le début de 2005, les études nécessaires à la réalisation d'une ou plusieurs galerie(s) dimensionnée(s) pour évacuer un débit de l'ordre de 1300 m³/s, soit environ 11m de diamètre pour une galerie unique. Le délai nécessaire aux études, et à la mise en place de la maîtrise d'ouvrage et des financements sera en effet probablement d'au moins un an, auquel s'ajoutera ensuite un délai de réalisation évalué à environ 4 ans. Les expertises géologiques indiquent que pendant cette période, le risque d'éboulement mettant à contribution cette galerie est très faible, mais il n'en sera plus de même à échéance un peu plus longue : il apparaît donc essentiel d'engager cette opération dès maintenant⁴⁰, la décision d'engager les travaux intervenant après réexamen par le maître d'ouvrage de l'ensemble des données disponibles .***

Parallèlement, la mission rappelle la nécessité absolue de poursuivre le suivi du site et d'élaborer des plans d'alerte et de mise en sécurité qui devront être testés.

6.1.2 Des parades routières justifiées d'abord par leur rentabilité économique

On rappellera en préalable que les parades routières, déviation ou tunnel, n'assurent la continuité du trafic sur la RN 91 que si elles sont associées à des parades hydrauliques évitant que la route soit noyée à l'amont ou coupée à l'aval du site de l'éboulement (cf. ci-dessus, §

³⁹ après optimisation de leur dimensionnement : cf. § 4.3.2

⁴⁰ La mission rappelle que l'utilisation des creux préventifs relève de la gestion de crise, sans incidence sur le dimensionnement : elle est considérée comme un élément de sécurité complémentaire, mais n'est pas prise en compte dans le dimensionnement des ouvrages.

4.4, sur les performances des parades). Cette condition est supposée résolue par ce qui est dit ci-dessus, concernant les parades hydrauliques et la sécurité des personnes.

L'étude économique des coûts et avantages des parades résulte de la méthode décrite au § 1.2. Ses résultats, intégrant l'analyse critique du modèle utilisé, sont justifiés en annexe 7. Ils conduisent à un taux de rentabilité très élevé, de l'ordre de 10, pour la déviation haute⁴¹. La justification économique apparaît en revanche très faible à court terme pour le tunnel, en raison de la probabilité réduite à court et moyen terme attribuée par le rapport Panet II aux scénarios au-dessus de 360, les seuls pour lesquels le tunnel apparaisse nécessaire : un calcul très simple d'actualisation montre qu'il faudrait raisonner avec un taux d'actualisation nul, ou très proche de zéro, pour justifier d'entreprendre dès maintenant la construction de ce tunnel dont l'utilité n'apparaîtra, le cas échéant, que d'ici quelques décennies.

La mission propose donc de résoudre, sans attendre, les questions de maîtrise d'ouvrage et de financement, afin d'engager sans délai les travaux nécessaires à la déviation « haute ». Celle-ci assure en effet, sous réserve de la réalisation conjointe d'une galerie hydraulique, une sécurité contre l'interruption du trafic pour des aléas moyens ou importants.

Si l'on retient les conclusions du rapport Panet II, qui repoussent à plusieurs décennies l'échéance du scénario 370, le souci de hiérarchiser l'emploi des fonds publics conduit en revanche à ne pas envisager à court terme la réalisation d'un tunnel routier, celui-ci n'étant justifié que dans ce scénario de très grande ampleur. En revanche, la conduite anticipée des études techniques nécessaires permettrait, le cas échéant, de s'adapter à une situation qui évoluerait défavorablement après le scénario dit de court terme.

6.1.3 Hiérarchisation des parades – solution de base et variantes

La hiérarchisation des parades proposée par la mission, en fonction des hypothèses d'échelonnement des aléas résultant du rapport Panet II, est donc la suivante :

- les casiers hydrauliques et la déviation routière, à engager le plus tôt possible (avec prolongation du merlon vers l'est),
- les études préalables à la galerie hydraulique, à engager en parallèle, dès maintenant. La décision finale de réalisation, à prendre par le maître d'ouvrage à constituer, devra intervenir dès le terme de ces études (elle bénéficierait en outre des résultats des investigations géologiques qui auront pu être menées d'ici là),
- les études d'un éventuel tunnel routier relèvent d'une démarche de précaution
- les démarches complémentaires à engager par ailleurs sont rappelées pour mémoire dans le tableau ci-dessous (cf. aussi § 6.3 et 6.4)

⁴¹ Le résultat apparent du calcul serait encore meilleur pour la déviation basse, mais avec un sérieux doute sur la possibilité que cette déviation reste opérationnelle pour des aléas « moyens », entre les scénarios 338 et 350.

Tableau des propositions

Propositions de la mission	Nature des investissements	Coût	Date proposée pour la décision	Délai de réalisation	Observations
Programme de base ⁴²	Casiers hydrauliques	3,5 M€	2005	1 an	A engager d'urgence
	Déviation haute	13 M€		2 ans	
	Galerie :Etude ⁴³ de définition	0,7 M€		1 an	
Programme de base, décision complémentaire différée d'un an	Galerie : réalisation	77,5 M€	2006	4 ans	A engager dès le résultat des études, et les décisions de maîtrise d'ouvrage et de financement
Programme de base, démarches complémentaires	Synthèse des aléas, études complémentaires de risques	à évaluer	2005	1 à 2 ans	-
Programme optionnel	Tunnel : étude	3 M€	En option	2 ans	Décision optionnelle de précaution
-	Tunnel : réalisation		différée	5 ans	Décision différée

6.2 Maîtrise d'ouvrage et financement

Les rencontres avec les différents acteurs et l'évaluation des dommages permettent d'avancer des hypothèses sur l'intérêt à agir des uns et des autres ; mais auparavant il faut rappeler que les investissements hydrauliques sont indissociables des investissements routiers et donc que les décisions et les mises en place des uns et des autres doivent être simultanées.

Les quatre types d'acteurs à interroger sont l'Etat, les collectivités, les professionnels et l'Europe.

6.2.1 Intérêt à agir des différents acteurs⁴⁴

- Pour ce qui concerne l'Europe : dans l'état actuel des informations
 - le FEDER (qui est intervenu dans la Drôme pour le tunnel de Boulc) ne serait pas habilité à intervenir pour Séchilienne, en zone non éligible.
 - le fonds de solidarité de l'Union européenne pour les catastrophes naturelles créé à la suite des inondations de 2001/2002, est jusqu'à ce jour intervenu en réparation/reconstruction et non en prévention.
- Plus généralement, les possibilités d'intervention des différents fonds de l'Union méritent une expertise précise.

⁴² Hors prolongement du merlon, à chiffrer par ailleurs

⁴³ L'étude de définition préconisée ici vise à apporter les réponses aux questions évoquées plus haut : définition plus précise des caractéristiques de l'ouvrage d'entonnement, choix entre une galerie importante ou deux de diamètre plus faible, implantation et donc longueur exacte de la galerie. Elle ne se confond pas avec l'étude d'avant projet, analogue à celle évoquée dans le tableau ci-dessus pour le tunnel routier, en programme optionnel.

⁴⁴ Cf. aussi § 3.5 : perception du risque par les acteurs locaux.

- Pour ce qui concerne l'Etat, il est essentiellement concerné par la sécurité des populations (cf. 3.6.1), par la circulation sur la RN 91 - tout au moins à l'heure où ce rapport est établi - et par la non-aggravation de l'écoulement des eaux ; de plus l'Etat ne peut se désintéresser de prévenir une catastrophe qui sans prévention serait majeure, et à impact national; il est donc crédible qu'au-delà de la surveillance continue qu'il assure avec de gros moyens, et de la délocalisation qu'il termine, il participe aux études⁴⁵ et à la réalisation des parades ; il faut ajouter que plusieurs centres névralgiques (moyens radio, centres de secours...) nécessaires en cas de crise sont dans la zone vulnérable.
- Pour ce qui concerne la Région, comme déjà indiqué, elle est compétente pour les transports, le tourisme, l'environnement et la prévention des risques, la montagne ; tous ces thèmes sont concernés par le problème posé.
- Pour ce qui concerne le département de l'Isère, outre qu'il devrait être sollicité au sujet de la RN 91 – sur laquelle ses services travaillent déjà - l'économie touristique représente près de 15% de son PIB et l'agglomération grenobloise plus de 20% de sa population ; une catastrophe aurait un impact très fort sur toute la vie du département.
- Pour le Département des Hautes Alpes, également concerné par le transfert de la RN 91 pour sa partie haut-alpine, les enjeux économiques d'une éventuelle coupure durable de la route sont très significatifs pour la vie du canton de La Grave, et sensibles pour la vallée de la Guisane (station de Serre-Chevallier), dont une partie importante de la clientèle arrive par Grenoble et le col du Lautaret.
- Pour ce qui concerne les communes d'amont, l'économie touristique et les échanges avec la vallée conditionnent actuellement leur existence (cf. § 3.2)
- Pour les communes et communautés de communes d'aval (c'est à dire de Vizille à l'agglomération grenobloise), le SDAU et le projet de SCOT décrivent les enjeux des zones concernées et les simulations montrent assez que les événements de moyen et long terme génèreraient plusieurs milliards d'euros de dégâts, ce qui en ferait d'ailleurs le plus gros sinistre observé en France depuis l'instauration du système d'indemnisation des catastrophes naturelles en 1982. Le blocage actuel de l'urbanisation dans les zones les plus menacées est également un élément essentiel.
- Pour ce qui concerne les professionnels :
 - Les industries chimiques raisonnent en "tout ou rien", des dommages lourds posant pour certains d'entre eux la question de leur pérennisation sur site. Leur apport aux collectivités en matière de taxe professionnelle est important.
 - L'économie touristique contribue largement aux finances locales, communales et départementales, en particulier par la taxe sur les remontées mécaniques, la taxe de séjour, la taxe départementale sur les espaces naturels sensibles (par les constructions de résidences secondaires) ; elle perdrait - outre les questions d'images - 1 million d'€/jour de chiffre d'affaires⁴⁶, en ordre de grandeur. Les professionnels rencontrés (remontées mécaniques) se sont déclarés ouverts à

⁴⁵ Le FNADT pourrait être interrogé

⁴⁶ L'impact économique réel est plus faible : il doit tenir compte de la baisse des consommations intermédiaires

un tour de table, en soulignant qu'une éventuelle contribution de leur part serait nécessairement très inférieure au niveau d'investissement requis.

- La distribution d'eau potable (Régie des Eaux de Grenoble et surtout SIERG) serait très perturbée et pourrait avoir à refaire ses installations. Le coût en est à estimer.
 - EDF (Unité de production Alpes), qui contribue aussi de façon importante aux budgets locaux par la taxe professionnelle, estime en première analyse que la perturbation qui serait créée par l'arrêt momentané d'installations locales (Péage-de-Vizille, voire poste de Champagnier pour des aléas importants), pourrait être absorbée par ses soins sans difficulté majeure. L'arrêt du poste de Champagnier, équivalant à l'interruption temporaire de deux tranches nucléaires (2000 MW) occasionnerait cependant un surcoût pour RTE, qui aurait alors à compenser ses approvisionnements dans des conditions moins optimisées. Les dégâts à la centrale de Péage-de-Vizille pourraient être de l'ordre de 1 à 2 M€. Au delà, la récente décision d'EDF de restructurer la chaîne hydroélectrique de la moyenne Romanche (investissement prévu 160 M€ sur les territoires de Livet-et-Gavet en particulier) peut conduire l'établissement à marquer son intérêt pour un accès sécurisé. La gestion de creux préventifs dans les retenues EDF sur la Romanche à l'amont de Séchilienne aurait un coût pour la collectivité.
- Pour ce qui concerne le milieu aquatique : il existe un vrai risque de transports de polluants tant vers l'aval que vers les nappes, et donc de pollution accidentelle, lié à l'effet domino d'une inondation du site chimique. D'autre part, la dérivation d'un cours d'eau en galerie sur plus de 1000 m pourrait avoir des conséquences importantes sur l'alimentation des nappes comme sur la qualité du milieu. Ces questions concernent en particulier l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse.

6.2.2 Conséquences pour la maîtrise d'ouvrage

Le domaine de la sécurité relève de responsabilités partagées entre l'Etat, les collectivités et les citoyens eux-mêmes.

En matière de sécurité des personnes, l'Etat est responsable de l'organisation des systèmes d'alerte et des secours dès lors que le problème dépasse les capacités d'une seule commune. Il a le pouvoir de déclencher un dispositif d'expropriation et de délocalisation préventive, en application de la loi du 2 février 1995. Il a la responsabilité de dire le risque (information réglementaire, en amont des documents d'urbanisme). Il peut participer financièrement aux travaux de protection, soit sur son budget propre, soit par l'intermédiaire du fonds de prévention des catastrophes naturelles (« fonds Barnier »), soit par l'intermédiaire d'établissements publics (par exemple les agences de l'eau, pour des travaux de protection des réseaux ou du milieu).

Dans le cas présent, l'Etat dit le risque (les DCS et les plans de prévention des risques sont achevés ou en cours d'élaboration), il conduit le système de surveillance et d'alerte, et il a mené l'opération de délocalisation du lotissement de l'Ile Falcon.

Il peut participer aux travaux d'hydraulique (réalisation d'une galerie de dérivation) par l'intermédiaire du fonds de prévention des catastrophes naturelles dans la limite de 20% du montant des travaux, sous réserve que la maîtrise d'ouvrage soit assurée par une collectivité⁴⁷. D'autre part, les programmes d'aménagement de rivière d'une part, et de prévention des inondations d'autre part, pourraient être sollicités, ainsi que des programmes de l'Agence de l'Eau.

Pour la maîtrise d'ouvrage des travaux hydrauliques (casiers et galerie(s)), ces éléments importants plaident pour le choix d'une collectivité. Il appartiendra dans cette hypothèse aux représentants des collectivités concernées de choisir l'une d'entre elles, ou de mettre en place une structure juridique nouvelle, pour assurer cette maîtrise d'ouvrage. Au total, les collectivités locales concernées pourront être

- le Conseil général de l'Isère (en liaison avec le Conseil Général des Hautes Alpes)
- le Syndicat départemental récemment créé pour assurer la maîtrise d'ouvrage des travaux de protection contre les inondations
- le SIVOM de l'Oisans
- la communauté des communes du Sud Grenoble
- la communauté d'agglomération de la métropole grenobloise
- la ville de Grenoble.

Pour les travaux routiers, le choix du maître d'ouvrage dépendra des dispositions (modalités et date) qui seront finalement retenues en matière de transfert de la RN 91 de l'Etat au département. Par circulaire du 18 novembre 2004 adressée aux préfets de département, le ministre chargé de l'Equipement a confirmé que le transfert de la RN 91 était bien proposé, et que la date préconisée pour l'ensemble des routes transférées était fixée au 1^{er} janvier 2006. Si, comme on peut le souhaiter (cf. § 6.1.2 ci-dessus) le projet de déviation fait l'objet de décisions en 2005, les modalités pratiques à retenir devront préciser la maîtrise d'ouvrage retenue.

6.2.3 Conséquences pour le financement

Les deux types d'investissement routier et hydraulique paraissent relever d'approches différentes :

- la parade routière est immédiatement et durablement nécessaire et rentable. Un mécanisme de financement classique paraît une base adaptée (à titre indicatif du type du programme de mise en sécurité du réseau routier dans le cadre du contrat de plan Etat –Région Rhône Alpes, par lequel la clé est 1/3 Etat, 1/5 Région, 7/15 Département)
- la parade hydraulique doit être étudiée sans retard puis réalisée après un point d'étape dans un an (après l'étude de faisabilité et la constitution d'un maître d'ouvrage). Il s'agit d'un équipement de sécurité pour tout l'aval jusqu'à l'Isère et au delà, qui peut être appelé à fonctionner rapidement ou dans quelques décennies. Il apparaît donc logique de rechercher un mode de financement qui répartisse la charge autant que possible :

⁴⁷ Loi de finances pour 2004, article 128 : taux d'intervention maximum 50% pour les études et 20% pour les travaux, sous réserve d'une maîtrise d'ouvrage par une collectivité territoriale, et de l'existence d'un PPR. On rappelle ici que la galerie existante, en rive gauche, assurée sous maîtrise d'ouvrage de l'Etat, n'est qu'une galerie de reconnaissance destinée à expertiser la qualité des roches à traverser.

- *entre les partenaires de différents niveaux* (Etat /voire Europe, Sivom, Communautés de communes, Agglomération, Ville, Département, Région, voire professionnels)
- *dans le temps*, les contributions en capital pouvant alors être complétées par un emprunt de longue durée (plus de 30 ans par exemple) à négocier auprès des établissements spécialisés dans ce type de prêt.
- *au prorata des intérêts représentés* pour les collectivités, par un critère pondérant la population et le risque encouru, ou tout autre mécanisme.

Intérêts à agir des partenaires pour les événements de moyen et long terme

Enjeux Acteurs Concernés	Victimes Morts blessés	Habitations	Infra Routes	Equipements publics	Economie générale	Economie touristique	Industrie - Plate Forme chimique	Qualité des Milieux Aquatiques	Parades		
									Acteurs	Route	Galerie Hydraulique
Europe	X								Europe	(X)	(X)
Etat MINEFI					X		X		Etat – MINEFI		
- DPPR	X								- DPPR		X
- DE								X	- DE		X
- D4E									- D4E		
- DDSC	X	X		X			X		- DDSC		
- DR			(X)						- DR	X	
Région			X		X	X		X	Collectivités Région	X	X
Département(s)			(X)	X	X				Département(s)	X	X
Cté d'Agglo ou de communes		X		X	X	X			Cté d'Agglo ou de communes	X	X
Villes/Cnes	X	X		X	X	X	X		Villes/		
Professionnels									Professionnels		
Tourisme			X			X			Tourisme	X	
Aep								X	Aep - Milieux		X
Energie				X					Energie		X
Industrie	X		X		X		X		Industrie	X	

6.3 Un outil permanent d'aide au débat public, et à la décision

Les évolutions de la situation géologique du versant après la réalisation du scénario dit de court terme, comme la longueur des périodes de temps et les incertitudes sur de nombreux paramètres socio-économiques, conduisent à penser qu'au-delà des décisions préconisées par la mission dès maintenant, il sera utile de disposer en permanence d'un outil de modélisation des hypothèses portant sur les aléas, les parades, et les enjeux. Une telle situation, impliquant de très nombreux acteurs dans un processus s'étendant sur des dizaines d'années, justifie en effet d'avoir un outil efficace de support des débats et d'aide à la décision.

A cet effet, la mission propose qu'un tel outil soit mis en place dès 2005. Une partie des éléments pourraient être repris à partir des travaux de la mission :

- bases de données cartographiques et numériques relatives aux aléas, aux enjeux, aux parades,
- instruments de calcul économique et statistique reliant ces données pour l'aide à la décision.

Le paramétrage de cet outil permettrait de prendre en compte les évolutions de la situation, qu'elles proviennent de changements dans l'appréciation des aléas en fonction des données physiques constatées, ou des évolutions socio-économiques locales.

6.4 Autres recommandations :

6.4.1 Mesures d'accompagnement des solutions techniques proposées

Les travaux menés par la mission ont mis en évidence la nécessité de mener des études ou travaux complémentaires, au moins dans deux domaines précis :

- **les études d'avant-projet des ouvrages à réaliser** : elles doivent en particulier porter sur :
 - la conception des casiers hydrauliques, qui doivent permettre de ralentir un volume d'eau aussi important que possible (cf. ci-dessus ce qui est dit à propos des scénarios compris entre 338 et 350)
 - l'ouvrage d'entonnement amont de la galerie hydraulique,
- **la poursuite des investigations géologiques**, pour s'adapter en continu à l'évolution de la situation du versant,

6.4.2 Justifier ou unifier les scénarios d'aléas à prendre en compte, et adapter les plans d'urgence

Ce point apparaît tout à fait essentiel pour que les acteurs socio-économiques concernés puissent travailler sur des bases claires et homogènes, notamment en matière d'*urbanisme*, et de *risques industriels*, ou des écarts significatifs apparaissent actuellement.

A partir d'une définition ainsi stabilisée des aléas à prendre en compte, les études de danger doivent intégrer le risque Séchilienne pour tous les sites industriels de Jarrie à Pont-de-Claix.

Ceci doit être l'occasion de disposer d'études de vulnérabilité plus précises, tant par site que sur l'ensemble de la zone, à la fois homogènes et approfondies.

La procédure de « creux préventifs », dans les barrages amont, doit également faire l'objet d'un accord explicite avec EDF, pour être intégrée dans les plans d'alerte et de mise en sécurité.

6.4.3 Etudes et recherches méthodologiques

La méthodologie de l'approche économique pour ce type de risque est apparue très insuffisamment développée, aux yeux de la mission. Ce constat justifie la poursuite d'un important effort de réflexion méthodologique.

La méthode suivie, consistant à améliorer par le recours à des contre-expertises les premiers travaux menés dans les principaux domaines sensibles, pourrait faire l'objet d'une analyse critique par des spécialistes en économie et en gestion de risques. Elle pourrait ainsi déboucher sur des bases méthodologiques applicables à d'autres situations d'évaluation de l'opportunité de mesures de prévention ou de protection contre les risques naturels.

Conclusion

L'analyse rapide de tout ce qui a été dit et écrit sur le glissement de Séchilienne depuis 1985 ne pouvait que conduire à une perplexité certaine : la confrontation d'enjeux très élevés et de probabilités d'occurrence faibles, les uns comme les autres étant au demeurant mal définis, pouvait en effet justifier l'inaction comme la plus grande inquiétude.

Face à cette situation d'incertitude, la mission a rencontré et écouté un grand nombre d'acteurs locaux concernés. En s'appuyant strictement sur les expertises géologiques et hydrauliques disponibles, elle a poussé, aussi loin que cela lui a semblé possible et justifié, les raisonnements d'évaluation économique des risques, à partir de l'analyse statistique des aléas et de l'appréciation des enjeux socio-économiques. Elle a par ailleurs fait évaluer, par les spécialistes qualifiés, les caractéristiques, les coûts et les performances des parades hydrauliques et routières adaptées.

Confortée par l'avis des experts en statistique et en économie du risque qu'elle a pu consulter, elle a estimé que l'analyse économique, qui ne constitue qu'un outil d'aide à la décision, n'était pas suffisante, notamment en matière de risques humains. Elle a donc complété cette approche économique en recherchant des analogies avec d'autres situations de danger, estimées comparables dans leur amplitude ou dans leurs effets.

Sur ces bases, elle estime que la situation du risque d'éboulement de Séchilienne, telle qu'il résulte de la confrontation des aléas géologiques et hydrauliques, et des enjeux humains et économiques, justifie pleinement une action préventive déterminée et maintenant rapide des pouvoirs publics nationaux et locaux, dans le prolongement de ce qui a déjà été fait en application de la loi de 1995. La comparaison avec d'autres situations de prévention de risques majeurs dans l'arc Alpin conduit à estimer que l'ensemble des enjeux, de l'Oisans à l'agglomération grenobloise justifie pleinement une telle intervention.

Plus précisément, les travaux menés par la mission conduisent à considérer comme *très urgents* la réalisation des « *casiers hydrauliques* » à l'aval du site, et l'établissement d'une *déviaton routière dans le versant en rive gauche* de la Romanche, indispensables dès le scénario dit de court terme annoncé par les experts. Le coût relativement limité de ces deux mesures en renforce la justification à très court terme : leur rentabilité, calculée en rapprochant leur coût de l'atténuation du risque statistique, apparaît très élevée.

La mission accorde *le même degré d'urgence et la même nécessité* à l'engagement des études préalables nécessaires à la réalisation d'une *dérivation hydraulique du cours de la Romanche en tunnel(s), en rive gauche*. La décision de réalisation de cette dérivation devra intervenir ensuite, en fonction du résultat des études et de l'évolution des données disponibles, et des choix relatifs à la maîtrise d'ouvrage et au financement. Le rapport propose des voies de solution en la matière. Cette mesure apparaît aujourd'hui en effet indispensable au regard des risques de pertes de vie humaines, qui peuvent, en son absence, être importantes dès la période suivant immédiatement le scénario dit de court terme.

La réalisation éventuelle d'un tunnel routier limiterait les dommages économiques prévisibles, dans l'hypothèse d'aléas qui ne sont envisagés par les experts que pour le long terme. Elle pourra donc être justifiée dans l'avenir mais n'a pas le même degré d'urgence. Au-delà de la

solution de base la mission propose en variante d'engager les études de définition d'un tunnel, le couplage du tunnel routier et de la galerie hydraulique dans le même ouvrage n'apparaissant par ailleurs pas pertinent.

Au-delà des décisions d'investissement à prendre, la mission a constaté au cours de tous ses entretiens la forte sensibilité de tous les interlocuteurs locaux à cette question. Les experts envisagent des scénarios d'éboulements successifs, s'étendant sur plusieurs décennies, avec une nécessité d'adapter les décisions des pouvoirs publics à la situation réelle du versant instable. Il paraît donc tout à fait nécessaire que les représentants des pouvoirs publics puissent disposer localement d'un outil destiné à faciliter le débat public sur l'évolution du risque et l'adaptation des mesures à prendre : cet outil, nécessitant le support d'un Système d'Information Géographique, devrait réunir les données physiques et économiques sur les aléas, les enjeux, les parades et leurs effets, les plans d'urgence. Une première ébauche pourrait en être établie dès 2005 à partir des éléments réunis par la mission. Les réflexions menées dans d'autres situations de risques montrent en effet clairement l'importance de la compréhension collective des enjeux : au-delà du dialogue sur la bonne utilisation des fonds publics, elle conditionne l'efficacité des plans d'urgence, seul moyen de limiter les risques de pertes humaines.

Plus généralement, la mission a constaté la difficulté à disposer de travaux économiques et statistiques utilisables en matière d'évaluation de risques, dans une telle situation. Elle recommande donc qu'un nouvel effort soit engagé en cette matière par la communauté scientifique et ses partenaires, Etat et collectivités.

Fait à Paris le 21 décembre 2004,

L'ingénieur général des Ponts et Chaussées

L'ingénieur général du GREF

Jean-Louis DURVILLE

Philippe HUET

L'ingénieur général des Ponts et Chaussées

L'ingénieur général du GREF

Paul MADIER de CHAMPVERMEIL

Michel BADRE

Annexes

Annexe 1 : Lettre de mission

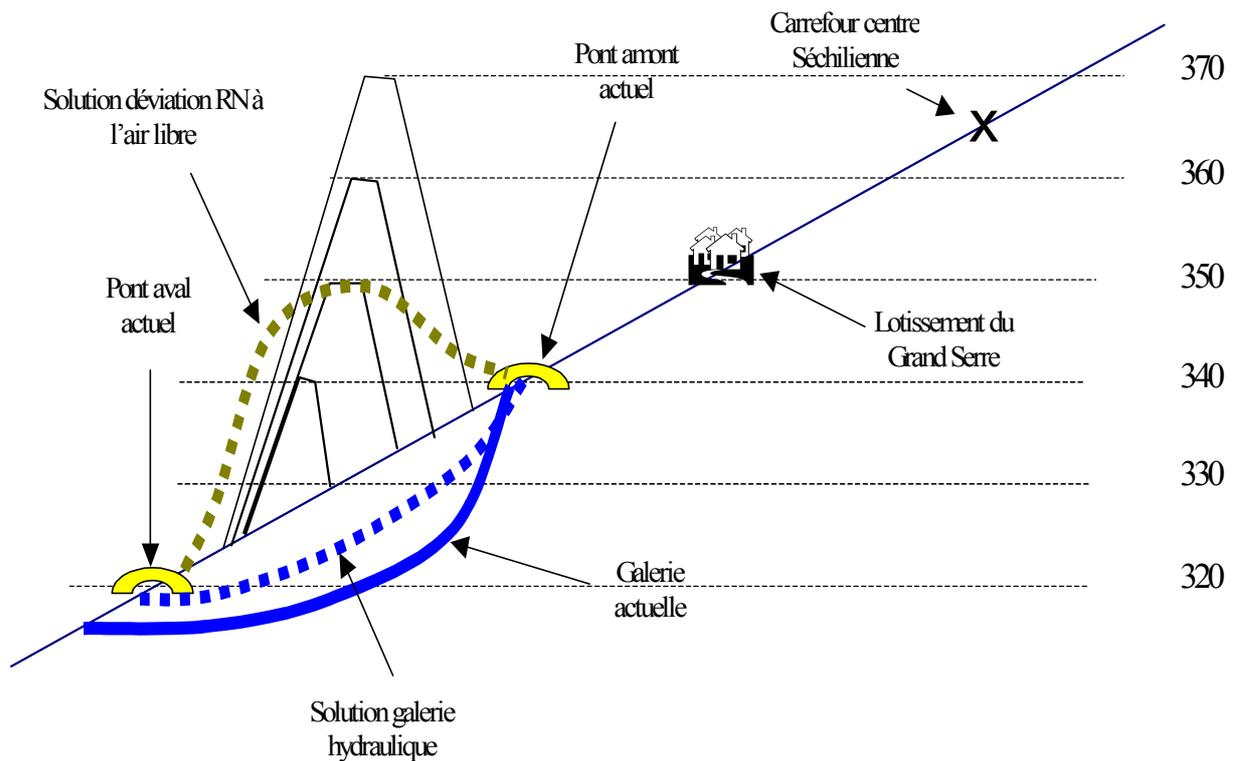
Annexe 2 : Liste des plans

- plan d'ensemble 1/200 000, avec localisation des ouvrages hydrauliques EDF
- plan de situation au 1/50 000
- plans d'inondabilité : amont Grenoble, et Grenoble compris
- plan d'implantation des parades au 1/5000

Annexe 3 : Schéma altimétrique du site

Profil projeté le long de la Romanche (la Romanche est schématiquement dessinée à pente constante et exagérée)

Quatre hauteurs de barrages ont été figurées : 340, 350, 360 et 370.



Annexe 4 : Liste des principaux rapports et documents d'études consultés

- Expertise relative aux risques d'éboulement du versant des Ruines de Séchilienne – Rapport du collège d'experts, remis au Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, daté du 4 décembre 2000 – Marc Panet, Christophe Bonnard, Pietro Lunardi, Michele Presbitero. (Rapport dit aussi « **Rapport Panet I** »)
- Versant instable des Ruines de Séchilienne – Rapport du Collège d'experts, remis au Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, daté du 23 décembre 2003 – Marc Panet, Christophe Bonnard, Pierre Desvarreux, Jean-Louis Durville, Louis Rochet. (Rapport dit aussi « **Rapport Panet II** »)
- Risque majeur d'éboulement des Ruines de Séchilienne – Points périodiques des mesures de suivi et de la surveillance du site – CETE Lyon – (documents mai 2003 et avril 2004)
- Ruines de Séchilienne et risques d'inondation – Synthèse des connaissances – P Lefort (INPG Entreprise), pour la DDE de l'Isère- Janvier 1998
- Etudes d'inondabilité du Drac et de la Romanche – Conséquences de la rupture de l'éboulement de Séchilienne - SOGREAH , pour la DDE de l'Isère – novembre 1999
- Risque d'éboulement des Ruines de Séchilienne – Etude hydraulique – CEMAGREF Lyon pour la DDE de l'Isère – Décembre 1995
- Les barrages naturels consécutifs à des éboulements en grande masse – risques de rupture brutale- Recherche bibliographique, CETE Lyon et Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées Rhône-Alpes – pour le Ministère de l'Environnement – janvier 1996
- Etude de vulnérabilité du risque majeur des Ruines de Séchilienne – Pôle grenoblois d'études et de recherche pour la prévention des risques naturels, et CETE de Lyon, pour la préfecture de l'Isère et la DDE – 1995
- Enjeux économiques liés à l'interruption de la RN 91 – P.M. Combe , LATEC CNRS pour la DDE de l'Isère, - 1996
- Nombreux documents de travail internes communiqués par la DDE de l'Isère, dont :
 - o Risque de Séchilienne – Etudes d'inondabilité aval – synthèse sommaire - décembre 1999
 - o Etude complémentaire d'écrêtement au droit de Séchilienne – décembre 2000
 - o Risque de Séchilienne – Incidences – juin 2004.
 - o Risque majeur de Séchilienne – Parades au risque hydraulique – juillet 2004
 - o Parades hydrauliques et routières au risque de Séchilienne – Intérêt de l'ouvrage mixte hydraulique et routier – août 2004.
- Etudes EDF :

- Antérieures à la mission, communiquées par EDF :
 - Ruines de Séchilienne- conditions de remplissage d'un barrage naturel- note technique du 05 12 1995
 - Consigne – risque d'éboulement des Ruines de Séchilienne EDF – UP Alpes – 10 08 2001
- Commanditées par la mission :
 - Estimation rapide du diamètre et du coût d'une galerie hydraulique de dérivation à Séchilienne – EDF Pôle Industrie 05 08 2004
 - Concomitance crues de la Romanche / Précipitations à Séchilienne - EDF Production Ingénierie – 26 10 2004
 - Creux préventifs sur les barrages amont – Evaluation du gain possible sur le dimensionnement de la galerie de dérivation. EDF Production Ingénierie – 22 11 2004.
 - Note sur l'évaluation de la crue centennale dans la plaine de Bourg d'Oisans – EDF Production Ingénierie – 28 10 2004.

Pour mémoire : rapport GAES, cf. annexe 5

Annexe 5 : Extrait de l'avis du Groupe d'appui et d'expertise scientifique (GAES)

Avertissement : Le rapport complet du GAES, remis le 9 décembre 2004 à la mission, fait partie des documents consultables sur support séparé (CD). A la demande de la mission, l'extrait suivant a été établi par Gérard Brugnot pour être joint au rapport dans sa version publiée au 21 12 2004. En cours de validation auprès des membres du GAES, il est susceptible d'être modifié dans sa version définitive.

Le risque d'éboulement de Séchilienne :

Eléments extraits de l'avis du GAES

Rappel du contexte

Le versant sud, instable, du Mont-Sec menace de produire des glissements de terrain, susceptibles d'obstruer la vallée de la Romanche à l'aval de la localité de Séchilienne et à l'amont de Vizille et de l'agglomération grenobloise, provoquant la formation d'une retenue susceptible de se rompre brutalement. Un suivi continu du versant a permis de mieux comprendre son évolution.

Par ailleurs, des études faisant appel à la géologie, à l'hydraulique, à l'économie, à l'histoire ont abouti à des scénarios d'accident, qui imposent d'envisager des solutions pour réduire le risque encouru par les personnes et les biens menacés, directement et indirectement.

Principales conclusions

Dans l'état actuel des connaissances, on peut décrire l'avenir le plus probable comme celui de la succession de deux familles de scénarios : Un premier scénario, assez bien cerné, suivi d'un enchaînement de scénarios ultérieurs, moins facile à cerner et que l'on ne pourra préciser que quand le premier se sera réalisé.

Un premier scénario

La survenance d'un glissement de taille moyenne, formant une retenue naturelle qui se vide très rapidement par rupture du barrage (S₁), est très fortement probable.

Ainsi, en s'appuyant sur :

- les études dont il a eu communication,
- le rapport Panet,
- la visite du terrain,
- la bibliographie,

le GAES confirme que la chute d'un premier glissement de trois millions de m³ environ est très fortement probable dans les dix ans à venir.

Les facteurs favorisant ce glissement :

L'évolution du versant, et l'examen de la bibliographie conduisent à penser que ce glissement interviendra lors d'une séquence de précipitations intenses et continues. Il peut aussi être provoqué par un tremblement de terre, mais le tremblement de terre est moins probable que les pluies intenses.

Dans le cas d'un glissement lié à des précipitations, le débit de la Romanche sera supérieur à la moyenne, et ceci d'autant plus que les précipitations concerneront une plus grande partie du bassin versant amont. Dans le cas d'un glissement lié à un séisme, il n'y a pas de corrélation entre l'événement générateur et le débit de la Romanche.

Les conséquences de ce glissement :

Il est difficile de prévoir avec précision ce que sera la géométrie du barrage créé par le glissement. Sa cote approximative sera de 338, s'il remplit la vallée en présentant une crête horizontale. On peut considérer que, dans ce cas, les effets de souffle seront négligeables.

Le GAES considère que, si le glissement barre la vallée, le barrage résultant se remplira rapidement et cèdera par surverse. Le temps de remplissage sera court : il sera, par exemple, inférieur à 20 minutes, si le débit de la Romanche est celui d'une crue annuelle. Or, ainsi que nous venons de le voir, le glissement se produira probablement lors d'une séquence de précipitations intenses et continues. Un tel débit aura donc une probabilité non négligeable d'être atteint ou dépassé au moment du glissement.

Au niveau de Vizille, l'onde de crue arrivera environ une demi-heure après la rupture du barrage, le débit de pointe sera supérieur à celui d'une crue centennale et la profondeur d'eau "moyenne" de l'ordre de 2 mètres. Cette crue sera très chargée en matériau solide.

Les mesures à prendre :

Le GAES considère donc que, concernant ce scénario, des mesures de type préventif doivent être prises très rapidement, car l'enchaînement des événements est trop rapide pour mettre en sécurité les personnes et les biens exposés.

Les calculs économiques confirment la rentabilité très élevée de ce type de mesure, comme la construction de casiers hydrauliques aval et la déviation de la route nationale.

La raison de l'efficacité d'une mesure comme celle des casiers hydrauliques tient à ce que les crues dues à une rupture de barrage peuvent être assez facilement stockées. Elles ont en effet un volume beaucoup plus faible que celui d'une crue "naturelle" de débit de pointe comparable. Ainsi, le volume de la crue due à la rupture de barrage serait au maximum égal à celui de la retenue de cote 338, c'est à dire "seulement" 200000 m³.

Les scénarios ultérieurs

Après le premier glissement, les conditions de stabilité du versant seront profondément modifiées, et on ne peut pas exclure l'éventualité de glissements plus importants.

En s'appuyant sur les sources déjà mentionnées, le GAES considère qu'il est indispensable de prendre en compte dès maintenant des scénarios de glissement plus importants. *En effet, les mesures qui sont de nature à réduire les dommages induits ont une durée de mise en oeuvre qui est de l'ordre de grandeur de celle du délai de réalisation du premier scénario* : Le coût d'option correspondant à une attitude d'attente est trop élevé.

Les scénarios pris en compte :

Le GAES considère que les scénarios pris en compte dans les études hydrauliques disponibles sont une base de réflexion raisonnable. Désignés par la cote de la cote du glissement, dont la crête est supposée horizontale, ces scénarios sont appelés 350, 360 et 370, ou encore S₂, S₃ et S₄ (rappel : S₁ désigne le scénario déjà examiné). En principe, ces scénarios sont censés se

produire dans l'ordre dans lequel il sont indicés, les volumes des glissements associés allant en croissant.

Comme dans le cas de S_1 , l'hypothèse de la corrélation entre glissement de terrain et crue de la Romanche est retenue, la cause commune des deux phénomènes étant celle d'une séquence de précipitations intenses et continues. L'hypothèse du séisme n'est pas écartée mais comme le barrage ainsi formé est capable de stocker un volume d'eau plus important que dans le cas précédent (S_1) et comme le glissement et la crue sont indépendants, on peut espérer disposer d'un temps plus long pour intervenir.

Les conséquences de ces phénomènes :

Les conséquences des glissements S_2 , S_3 et S_4 sont d'autant plus extrêmes que leur volume est important.

Le GAES considère que :

- ces scénarios sont concevables sur le plan historique ; le volume de S_4 a été dépassé au 20^{ème} siècle dans les Alpes (Randa, Vajont, Valtellina) ;
- ils doivent être pris en compte de façon cohérente par tous les acteurs concernés.

Les études disponibles, et celles qui ont été commandées, constituent une base solide pour évaluer les dommages qui résultent des divers scénarios, ainsi que pour évaluer l'efficacité des mesures qui permettront de réduire ces dommages qui, en l'état actuel des connaissances, ne paraissent pas acceptables.

Les mesures à prendre :

Le GAES considère que ces mesures devront agir sur l'aléa *et* sur la vulnérabilité. Ce qui suit suppose que les mesures préconisées pour faire face à S_1 soient décidées.

Concernant l'aléa, la mesure la plus logique, est celle de la déviation de la Romanche au moyen d'une galerie hydraulique. Son efficacité semble attestée à la fois par les calculs techniques et les calculs économiques. Selon la valeur que l'on attribuera à la corrélation entre crue et glissement, cette galerie devra être dimensionnée pour une crue centennale à millénaire. Concernant la vulnérabilité, le GAES a pu explorer celle qui concerne les activités industrielles.

Il a relevé une situation d'asymétrie d'information, génératrice de manque de cohérence :

- entre les hypothèses retenues par les différents industriels ;
- entre ces hypothèses et les scénarios examinés ci-dessus ;
- entre ces mêmes hypothèses et les scénarios retenus par les actions pilotées par l'Etat (PPR, PSS)

Il en résulte que les mesures de mise en sécurité préventive, comme les mesures de mise en alerte et enfin les mesures à prendre en cas de réalisation d'un des scénarios S_2 , S_3 et S_4 , ne semblent pas à avoir l'objet d'une réflexion collective approfondie, des industriels comme des pouvoirs publics.

Sur ce dernier point, le GAES reconnaît qu'il a disposé de peu d'éléments. Il ne peut qu'attirer l'attention sur la nécessité de prendre en compte les scénarios S_2 , S_3 et S_4 dans la mise en sécurité de l'agglomération grenobloise.

Remarques

Le danger représenté par certains scénarios intermédiaires :

Pour des raisons techniques qui sont expliquées de façon détaillées dans le rapport du GAES, des scénarios du type S_{1+} ou S_{2-} , sont très dangereux. Ils se caractérisent par des glissements produisant un barrage dont la cote sera comprise entre 338 et 350 m. En pratique, S_{1+} pourrait se produire comme une variante de S_1 , pour lequel le volume du glissement aura été sous-

estimé, tandis que S_{2-} serait plutôt une variante minorée de S_2 , qui aurait été surestimé. Le paradoxe est que S_{2-} est plus dangereux que S_2 .

En effet, pour des raisons topographiques, toute galerie de déviation, quelle que soit sa taille, a une cote de prise d'eau de 350 mètres, donc dans les cas S_{1+} ou S_{2-} , une partie de l'eau transitera par la galerie et une autre partie déversera et conduira à la rupture du barrage.

L'approfondissement de ce type de scénario, qui a été peu étudié, est recommandé, sans que ce complément d'étude puisse être une raison invoquée pour différer les mesures conseillées pour faire face à S_1 . On peut, en revanche, prévoir une tranche optionnelle pour la mise en œuvre de ces mesures, dans l'éventualité où, par exemple, la prise en compte ultérieure de S_{1+} ou S_{2-} , sur la base d'études permettant de les préciser, conduirait à une extension des casiers hydrauliques.

Le danger de chute d'un glissement dans une retenue provoquée par un glissement précédent :

Mise à part une étude en cours durant les travaux du GAES, l'hypothèse d'un scénario de glissements successifs n'a pas pu être prise en compte dans les calculs économiques, car elle est très difficile à modéliser. La bibliographie comporte de nombreux cas de glissement dans un barrage créé par l'homme ou constitué par un premier glissement et certains ont été extrêmement meurtriers, du fait de la génération d'une vague d'amplitude considérable vers l'aval, avec surverse et destruction du barrage, et vers l'amont, avec des dégâts aux habitations très sévères.

A Grenoble, le 20 décembre 2004,

Gérard Brugnot

Annexe 6 : Les aléas, les enjeux, les parades - tableaux de synthèse

Annexe 6.1 Tableau de synthèse des aléas

Tableau de synthèse des aléas, définis par référence au rapport Panet de 2003

Nom du scénario	Cote du point bas du barrage formé	Volume de matériaux éboulés	Volume d'eau dans la retenue	Observations (références au rapport Panet de 2003)
<i>Scénario 338</i>	338 m	$3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	200 000m ³	Scénario dit « court terme monphasé » dans le rapport Panet de 2003
<i>Scénario 350</i>	350 m	5 à $6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	$3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Scénario intermédiaire bas
<i>Scénario 360</i>	360 m	$10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	$9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Scénario intermédiaire haut
<i>Scénario 370</i>	370 m	20 à $25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	$20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	Scénario dont l'occurrence est considérée comme très improbable dans les 10 ans, et peu probable entre 10 et 50 ans

Annexe 6.2 Tableau de synthèse des enjeux

Estimation des ordres de grandeur des enjeux, en millions d'euros (M€)

Scénario de dommage		Ampleur des dommages au patrimoine (constructions, infrastructures, etc.)			Ampleur des pertes économiques (exploitation)	
Nature du scénario		Dégâts aval	RN 91	Dégâts amont	aval	amont
338	route ensevelie, rupture de lac, pas de crue	500 à 800	7	0	10	170
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q < Q_{100}$		9	0	10	170
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q < Q_{300}$		11	0	20	170
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q > Q_{300}$		17	5	50	200
350	route ensevelie, rupture de lac, pas de crue	1 000 à 2 000	20	0	250	650
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q < Q_{100}$		22	0	250	650
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q < Q_{300}$		24	5	250	650
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q > Q_{300}$		30	5	250	650
360	route ensevelie, rupture de lac, pas de crue	1500 à 3 000	20	10	700	700
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q < Q_{100}$		22	10	700	700
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q < Q_{300}$		24	10	700	700
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q > Q_{300}$		30	15	700	700
370	route ensevelie, rupture de lac, pas de crue	10 000 à 20 000	20	30	2100	700
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q < Q_{100}$		22	30	2100	700
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q < Q_{300}$		24	30	2100	700
	Route ensevelie, rupture de lac, $Q > Q_{300}$		30	35	2100	700

Source : d'après étude GIPEA, valeurs arrondies et réévaluées à la baisse pour les constructions à l'aval, dont les dégâts semblaient surévalués (cf. § 3.6.2 du rapport). Les montants indiqués sont à considérer comme des ordres de grandeur.

Annexe 6.3 Tableau de synthèse des parades

Caractéristiques, coût et délai de réalisation des parades hydrauliques et routières

Nature des parades		coût	Délai de réalisation	Observations
Parades hydrauliques	Casiers hydrauliques	3,5 M€	1 an	En cours d'étude (DDE)
	Galerie Ø 6m	22,5 M€	4 ans	Selon étude EDF
	Galerie Ø 9m	45 M€	5 ans	Selon étude EDF
	Galerie Ø 11m	77,5 M€	5 ans	Selon étude EDF
Parades routières	Déviations basse	6,3 M€	2 ans	Dans le versant RG, point haut 350
	Déviations haute	13 M€	2 ans	Dans le versant RG, point haut 360
	Tunnel routier	57,5 M€	5 ans	Selon étude DDE

Source : rapport de la mission, § 4, et documents d'étude EDF et DDE.
 Pour les délais de réalisation : sources EDF et CETU

Annexe 7 : Méthode de comparaison de l'efficacité des parades, au regard des aléas et des enjeux

Le calcul économique de rentabilité des investissements, à partir d'un bilan coût/avantages, est une démarche classique. En matière d'investissements routiers, il est en particulier prescrit par la circulaire n° 98-99 du 20 octobre 1998 : « méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne », qui intègrent d'ailleurs le risque humain.

Dans le cas présent, la complexité et l'incertitude de définition des aléas et la multiplicité des enjeux rendaient la question délicate. En l'absence de méthode ou de données directement utilisables, la mission a lancé une consultation par appel d'offres pour sélectionner un bureau d'études qualifié. Le cahier des charges comportait la description des aléas à prendre en compte (scénarios 338 à 370 du rapport, associés aux crues de la Romanche), et demandait de conduire l'évaluation économique des enjeux, puis un calcul du bilan coût/avantages des parades. L'appel d'offres ouvert a conduit à sélectionner (parmi deux offres reçues seulement) un groupe associant un bureau d'études français spécialisé dans le traitement de données géographiques et numériques, et un bureau d'études suisse spécialisé dans l'économie des risques naturels.

La méthode suivie consiste schématiquement à calculer le gain potentiel (réduction des dommages) apporté par l'investissement dans les conditions de « l'aléa de projet », à le pondérer par la probabilité d'occurrence des aléas et à comparer la somme actualisée des gains ainsi calculés avec les coûts d'investissement et de fonctionnement de la parade.

L'application d'une telle méthode suppose :

1. une bonne définition physique des aléas, dans leur intensité comme dans leur condition de déclenchement
2. la possibilité d'affecter à ces aléas des probabilités d'occurrence, pour les besoins du calcul économique
3. une évaluation monétaire des dommages correspondant à chaque aléa,
4. une estimation des coûts d'investissement et d'exploitation des parades, et de leurs performances, entendues comme la réduction de dommages qu'elles permettent d'obtenir.

Les conditions 1 et 2 sont par exemple réunies dans le cas de phénomènes naturels répétitifs mais indépendants les uns des autres⁴⁸, et pour lesquels des séries statistiques passées permettent d'associer l'intensité du phénomène à sa période de retour : tel est le cas par exemple des crues, définies par les débits correspondants à un temps de retour statistique : débit des crues décennales, centennales, etc. Tel est aussi le cas des chutes de pierre isolées mais fréquentes sur des portions de route exposées⁴⁹, ou des avalanches dans des couloirs régulièrement parcourus.

Le point n° 3 nécessite des données économiques fiables sur les enjeux.

Le point n° 4 suppose une bonne évaluation des conditions physiques de fonctionnement des parades face aux aléas envisagés. Il nécessite aussi, bien entendu, une bonne définition technique et financière des parades, qui relève des hommes de l'art mais ne pose en général pas de problème méthodologique.

Dans le cas de Séchilienne, chacun de ces quatre points est repris ci-après :

1. **La définition des scénarios d'aléas** (point 1 ci-dessus) est complexe : elle associe un aléa géologique constitué de séquence d'évènements liés entre eux, et un aléa hydraulique (crues

⁴⁸ analogue, pour le statisticien, à un « tirage au sort avec remise » : la réalisation d'un événement l'année n est indépendante de sa réalisation, ou non, les années antérieures ou postérieures.

⁴⁹ cf. par exemple l'étude de mars 2004 de la DDE de La Réunion, concernant la RN 1, sur cette île.

de la Romanche) plus simple, mais avec une liaison entre les deux types d'aléas : le glissement est plus probable en périodes de fortes précipitations, de même que les crues.

Les aléas géologiques ont été définis à partir du rapport Panet de 2003, qui mentionne explicitement les éboulements de 3 millions de m³ à court terme et de 20 millions de m³ à long terme. Ces deux éboulements correspondent aux deux scénarios extrêmes retenus (définis par les cotes approximatives des lacs de retenue formés : 338 et 370). Les aléas intermédiaires, correspondant aux cotes 350 et 360 ont été définis de façon à avoir des points de référence intermédiaires dans le calcul.

Pour les aléas hydrauliques induits, Sogreah a effectué à la demande de l'Etat dans les années passées des études de rupture des retenues correspondant aux 4 scénarios cités. Il faut seulement noter ici que ces études ont, selon Sogreah, une précision très différente, en raison de la nature même des phénomènes en cause : la rupture du lac 338 est assimilable à une forte crue, et peut donc être modélisée avec une assez bonne précision. Au contraire, les scénarios 350, 360 et 370 conduisent à des écoulements sans commune mesure avec les capacités du lit de la Romanche et des ouvrages existants, et la précision des résultats est assez médiocre.

2. **La modélisation statistique des événements**, pour les besoins du calcul économique, doit prendre en compte l'enchaînement des éboulements successifs, et la liaison entre éboulements et crues.

Le modèle descriptif utilisé par le chargé d'étude est défini par les « arbres d'évènement » dont une représentation est donnée en annexe 8. Il enchaîne les aléas 338 à 370⁵⁰ et les crues en les considérant comme des éléments successifs mais indépendants (« tirage au sort avec remise »). Il effectue ensuite un « calcul de dommage statistique annuel » en affectant à chaque scénario de dommage les probabilités des aléas correspondants. La critique de ce modèle, avec les correctifs qu'il appelle, est donnée en annexe 9 : elle porte principalement sur **la liaison entre événements géologiques eux mêmes (tirage « sans remise »), l'actualisation des calculs, la liaison entre crues et éboulements.**

Le modèle complet introduisant toutes ces notions serait très complexe (surtout à cause de l'introduction de probabilités conditionnelles correspondant au tirage « sans remise » des éboulements : le calcul devient rapidement lourd pour quatre scénarios séquentiels, conditionnés les uns par les autres, sur plusieurs décennies...). Des correctifs du premier ordre apportés au modèle du chargé d'étude permettent cependant d'approcher les résultats, au moins pour les scénarios de court et moyen terme : c'est ce qui a été fait lors de l'analyse critique des résultats (cf. ci-après, le calcul de rentabilité)

3. **L'évaluation des enjeux**, sans poser de questions de principe vraiment originales, est très complexe ici en raison de la grande diversité de ces enjeux : dommage au patrimoine bâti, aux installations industrielles, aux infrastructures de transport, préjudice économique (pertes d'exploitation ou dépenses supplémentaires) lié à l'interruption momentanée ou à l'allongement des transports, et surtout risques pour les vies humaines en cas de rupture brutale du barrage formé à Séchilienne.

⁵⁰ Ces aléas géologiques ne sont pas probabilisables comme les crues. Néanmoins, pour le seul calcul économique et compte tenu des échéances annoncées par les géologues (de moins de 10 ans à plusieurs décennies), il a été jugé admissible de leur affecter une probabilité d'occurrence. Il ne s'agit pas comme pour les crues d'une période de retour, mais d'une représentation très approximative d'un risque d'occurrence annuel, pour des événements géologiques qui ne se produisent qu'une fois.

Pour les risques humains, l'évaluation dépend essentiellement de l'efficacité des dispositifs d'urgence mis en place (préavis, alerte, plans d'évacuation). Le raisonnement par analogie avec des situations considérées comme assez semblables (crues rapides pour les scénarios 338 et 350, ruptures de barrages artificiels pour 360 et 370) a paru le seul utilisable ici.

Pour les risques au patrimoine bâti, le chargé d'études a effectué un rapprochement sur SIG des données numérisées du cadastre et des données des cartes d'inondabilité Sogreah, interprétées si nécessaire (vitesse et hauteur d'eau).

L'évaluation des risques économiques autres que patrimoniaux a été faite à partir d'études antérieures, ou à dire d'expert, notamment en fonction du temps estimé de fermeture de la RN 91 dans chaque scénario.

4. ***L'évaluation des caractéristiques des parades***, de leurs performances et de leurs coûts, a été faite avec les hommes de l'art (DDE et CETU pour les parades routières, DDE et EDF pour les parades hydrauliques).

Pour les performances des parades (et en particulier des parades hydrauliques), on a estimé de façon simplificatrice que les parades étaient efficaces jusqu'à leur « aléa de projet » et totalement inefficaces au-dessus : il s'agit d'une hypothèse prudente. En réalité, par exemple, il est probable que l'existence d'une galerie, même insuffisante pour écouler le débit de crue maximum, permettra de retarder sensiblement (voire d'éviter) le risque de rupture du barrage par surverse, le débit de surverse étant beaucoup plus faible et moins durable avec une galerie que sans galerie.

Par ailleurs, la prise en compte du remplissage de la retenue (en dessous de son niveau maximum) avec mise en charge de la galerie améliore très sensiblement les capacités d'écoulement des crues pour les retenues importantes. Il n'a été pris en compte que pour l'évaluation du dimensionnement maximum de la ou des galeries, mais cet effet pourrait être sensible en cas d'échelonnement dans le temps d'un dispositif de deux galeries parallèles, par exemple.

On notera ici que le délai de réalisation des parades a une importance significative, en particulier pour les parades court terme.

Calcul de la rentabilité des parades :

A partir des modèles statistiques, bruts puis adaptés, évoqués plus haut, trois situations peuvent être distinguées en matière d'analyse de rentabilité des parades :

I - pour les parades « court terme » (casiers hydrauliques, et déviation routière sans tunnel), un calcul simplifié peut être fait en ne prenant en compte que le scénario court terme (338) et les dommages qu'il provoque, atténués ou non par la parade. Il s'agit d'une approche qui minore la rentabilité calculée.

Les casiers hydrauliques permettent d'éviter un dommage économique à l'aval évalué à partir de l'étude Gipéa à 500 à 800 M€, même dans l'hypothèse la plus optimiste où il n'y a pas coïncidence avec une crue importante de la Romanche. Considéré comme très probable dans les dix ans, et non reproductible, il correspond à un dommage statistique cumulé, actualisé au taux de 4% à l'année 0, supérieur à 350 M€ pour un dommage de 500 M€ (cf. note de calcul ci-après, établie pour un dommage de 725

M€, dans la partie haute de la fourchette), à comparer à un coût de la parade de 3,5 M€ seulement : *le taux de rentabilité est tout à fait exceptionnel*, et on peut même estimer qu'un retard d'un an dans la réalisation de la parade représente pour la collectivité un coût d'environ 20% de 500 M€, soit 100 M€ !

La déviation routière permet d'éviter un dommage économique évalué (là aussi de façon sans doute optimiste) à environ 150 M€ pour 6 mois de coupure de la RN 91. Le dommage statistique cumulé sur 10 ans et actualisé est d'environ 115 M€, selon le même raisonnement. Sans atteindre le même niveau exceptionnel, *la rentabilité de la déviation, dont le coût est évalué à 13 M€, reste très élevée (près de 10)*, alors même qu'on n'a pas pris en compte son intérêt pour les scénarios 350 et 360.

II - Pour le tunnel routier, qui n'est efficace qu'au-delà du scénario 360 (et à condition d'être jumelé à une galerie hydraulique de débit suffisant), le dommage économique qu'il évite est évalué à environ 580 M€, pour deux ans de coupure de la RN 91. Le risque ne commence à exister, d'après le rapport Panet, que dans plusieurs décennies. Quel que soit le schéma de probabilité retenu pour modéliser l'occurrence de ce risque à partir de l'année 2025 par exemple, la comparaison de deux calculs de rentabilité pour des décisions d'investissement prises en 2005 (tunnel opérationnel en 2012) et en 2015 (tunnel opérationnel en 2022) montre qu'on n'a rien gagné en réduction de risque à investir dès 2005, alors qu'on a perdu le coût d'exploitation du tunnel sur 10 ans, et l'actualisation sur 10 ans d'un investissement de 56,5 M€ (soit environ 27 M€, au taux d'actualisation de 4%) . *Il y a donc tout intérêt à différer la décision de dix ans, (à condition bien sûr de réaliser dès maintenant les parades court terme et la galerie hydraulique)*, ce qui permettra par ailleurs de prendre en compte les observations faites après le scénario 338, s'il se réalise conformément aux indications du rapport Panet.

III - Pour les galeries hydrauliques, efficaces à partir du scénario 350, on a vu par ailleurs qu'elles constituaient le seul moyen de limiter le risque d'avoir quelques dizaines de victimes, voire quelques centaines ou plus dans les scénarios les plus graves. Même en se limitant aux seuls aspects strictement économiques, un calcul de rentabilité peut être approché comme suit :

Pour le seul scénario 350, les dégâts dus à une rupture de barrage sont de l'ordre de 2 milliards d'euros. Le calcul de rentabilité est fait à partir de 2010 : c'est la date à partir de laquelle la parade est opérationnelle, et le risque de voir se réaliser le scénario 350 est considéré comme nul jusque là. Avec les mêmes hypothèses d'événement non reproductible et d'actualisation à 4%, et les mêmes probabilités annuelles initiales et durée de prise en compte, on arrive à un dommage statistique cumulé et actualisé de l'ordre de 390 M€, selon les principes de la note de calcul ci-après : la galerie de 1200 m³/s, dont le coût est évalué à 77,5 M€, a une rentabilité encore très élevée, de l'ordre de 5. L'examen du tableau de la note de calcul ci-dessous faisant varier les probabilités d'occurrence de 5 à 20% , et les durées de 10 à 30 ans, montre que les hypothèses retenues (20% de probabilité initiale, sur 10 ans) ne surestiment pas sensiblement la rentabilité : un taux plus faible s'accompagne logiquement d'une durée plus longue, qui majore le calcul du dommage cumulé actualisé.

D'autres hypothèses pourraient être faites pour mieux représenter par un modèle statistique les hypothèses d'aléas géologiques. De même, la prise en compte des aléas suivants (360 et 370) devrait être introduite, ce qui améliorerait la rentabilité calculée. On peut donc conclure que l'ordre de grandeur des résultats de rentabilité obtenus, indépendamment même de toute prise en compte des enjeux humains, justifie la réalisation de la galerie de 11 m de diamètre, dont on a vu par ailleurs qu'elle sécurisait le site jusqu'à des débits de crue de l'ordre de grandeur de la crue décennale.

On peut déduire de ce qui précède, sans prendre en compte les pertes humaines, que la rentabilité économique des parades court terme est exceptionnellement élevée. A l'inverse, il y a tout intérêt à ne pas décider dès maintenant la réalisation (ou non) d'un tunnel. Pour les galeries hydrauliques (et en dehors même de la sécurité des personnes, qui en justifie la réalisation), la rentabilité économique semble largement assurée, malgré les difficultés de la représentation statistique des phénomènes et les approximations qui en résultent.

*
* *

Note de calcul annexe (extraite du rapport remis par Patrick Momal à la demande de la mission, dans le cadre de l'analyse critique de l'étude économique Gipéa)

Prise en compte du caractère non reproductible des éboulements, et de l'actualisation :

Dans le cas d'un événement qui peut se reproduire chaque année, le risque est constant (p). Par exemple, un risque d'inondation centennale est de 1% chaque année. Le fait qu'il se soit produit à une date récente ne réduit pas la probabilité qu'il se reproduise.

En revanche, dans le cas d'un effondrement massif comme celui de la Séchilienne, l'événement une fois produit ne peut plus se reproduire. Sa probabilité est bien p la première année, mais p(1-p) la seconde, à savoir 1-p qu'il ne se soit pas produit l'année 1 et p qu'il se produise l'année 2.

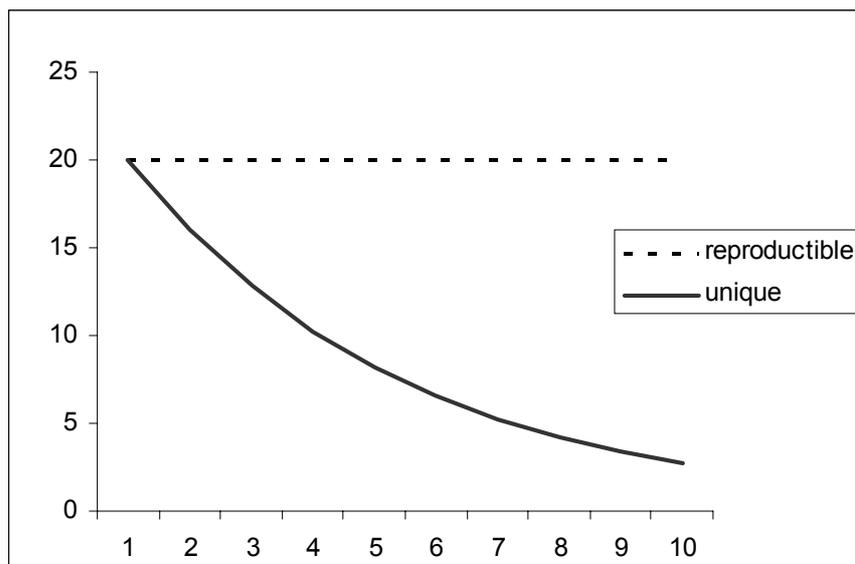
Le calcul des dommages diffère donc du cas classique. Voici un exemple simpliste de cette différence.

Paramètres :

probabilité	20%
actualisation	4%
dommages	100
10 années	

Risque annuel :

années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
événement										
reproductible	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Unique	20	16	13	10	8	7	5	4	3	3



Formules de la valeur actualisée :
 Événement reproductible :

$$R(i) = \sum \frac{pD}{(1+i)^t}$$

p probabilité d'occurrence
 D dommages annuels bruts
 i taux d'actualisation

Événement unique :

$$NR(i) = \sum \frac{p(1-p)^{(t-1)}D}{(1+i)^t}$$

La similitude entre les deux formules suggère une correction analytique. La voici :

$$NR(i) = \frac{R(i^*)}{1-p} \quad \text{avec} \quad i^* = \frac{i+p}{1-p}$$

Au facteur correctif $1 - p$ près (dans le cas présent 125%), il suffit de faire le calcul d'actualisation avec un taux i^* corrigé pour prendre en compte le caractère unique de l'événement redouté. L'ampleur de la différence entre i et i^* , qui se calcule immédiatement, donne une bonne idée de l'ampleur de la différence entre une actualisation classique et l'actualisation correcte.

Dans l'exemple ci-dessus, $R(4\%)$ vaut 162, i^* vaut 30% — une correction considérable — et $NR(i)$ vaut 77. Il faut donc appliquer au calcul classique un coefficient de correction de 48 %.

Voici quelques valeurs de cette correction :

$i = 4\%$ probabilité	i^*	Nombre d'années correction	10	20	30	
5%	9%		82%	68%	60%	
10%	16%		67%	50%	41%	On
15%	22%		56%	38%	30%	
20%	30%		48%	30%	24%	

retiendra que pour les probabilités d'occurrence élevées qui sont considérées (15% ou 20%) et pour des durées faibles, un coefficient de réduction de 50% environ est applicable. Sur des durées plus longues, un coefficient de l'ordre de 33% doit être envisagé.

Dans le cas de la parade « casiers hydrauliques », avec une réduction de dommages annuels de 725 millions d'euros (qui, avec probabilité constante 20% mènerait à 145 millions de dégât annuel) et les paramètres ci-dessus, nous estimons comme suit l'ordre de grandeur de la rentabilité :

événements	années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	valeur actualisée
risque annuel brut (pD)		145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	1176
risque probabilisé		145	116	93	74	59	48	38	30	24	19	560
investissement	3,5											3,5

Evénement	risque annuel initial	risque actualisé	taux de investissement	taux de rentabilité
reproductible	145 €	1176 €	3,5 €	336
Unique	145 €	560 €	3,5 €	160

en millions d'euros

Celle-ci reste donc formidablement élevée, même si elle ne saurait atteindre les niveaux de 856 évoqués dans le rapport Gipéat. Cette valeur est si élevée que l'investissement est remboursé plus de 40 fois dès la première année ! Pour le dire autrement, repousser cet investissement d'encore une année coûte 145 millions d'euros à la communauté...

Prise en compte de la liaison entre les probabilités d'éboulement et de crues

L'arbre d'événements considéré dans le rapport que nous avons examiné, commence avec l'événement chute de blocs et se poursuit avec l'événement inondation. Les probabilités sont donc composées. La probabilité d'inondation envisagée est la suivante :

<u>Probabilité de crue</u>	
crue centennale	1%
crue "décennale"	9%
autre	90%

Or, s'il est correct d'appliquer cette probabilité brute en tête de l'arbre des événements, il faut la corriger si elle intervient en aval d'autres événements. Il faut, en effet, tenir compte de l'information qu'apportent ces événements antérieurs.

Dans le cas qui nous occupe, la probabilité de chute de blocs croît avec la probabilité d'inondation. Voici deux séries de chiffres plausibles (qui ne prétendent pas représenter précisément les phénomènes) :

<u>Probabilité d'éboulement si crue</u>		
crue centennale	100%	100%
crue décennale	40%	50%
autre	10%	16%

On en déduit la probabilité d'éboulement globale et la répartition de celle-ci selon les événements d'inondation :

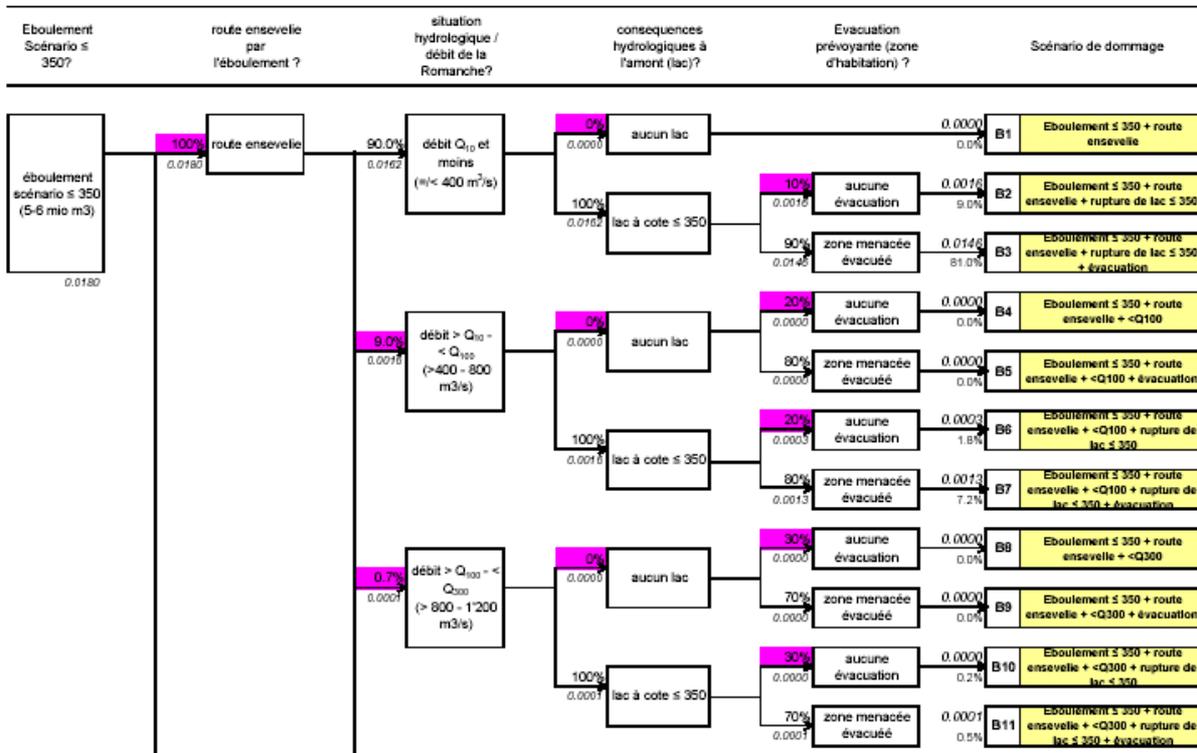
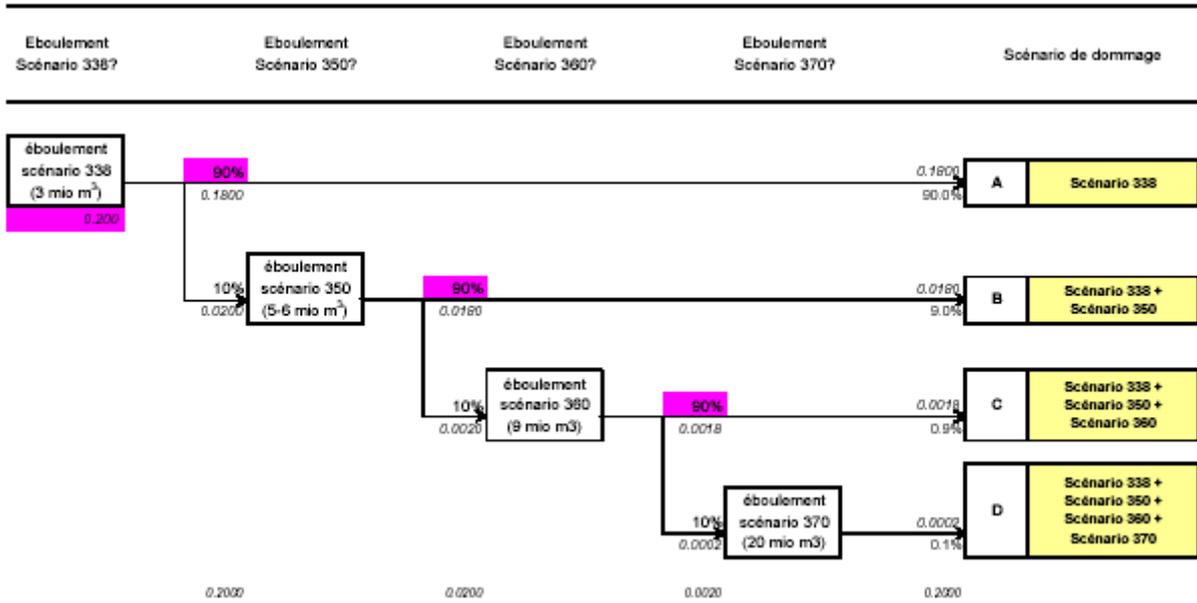
<u>Probabilité d'éboulement</u>		
<i>crue centennale</i>	<i>1%</i>	<i>1%</i>
<i>crue décennale</i>	<i>4%</i>	<i>5%</i>
<i>autre</i>	<i>9%</i>	<i>14%</i>
<i>ensemble</i> <i>(somme des</i> <i>contributions)</i>	<i>14%</i>	<i>20%</i>

Cette décomposition de la probabilité d'éboulement selon les cas d'inondation permet de déterminer les probabilités d'inondation sachant qu'il y a eu éboulement :

<u>Probabilité de crue si éboulement</u>		
<i>crue centennale</i>	<i>7%</i>	<i>5%</i>
<i>crue décennale</i>	<i>26%</i>	<i>23%</i>
<i>autre</i>	<i>66%</i>	<i>72%</i>
	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Appliquer ces probabilités modifiées devrait augmenter sensiblement les risques annuels calculés, ce qui a pour effet d'augmenter les taux de rentabilité calculés.

Annexe 8 : Etude de risque - présentation des arbres d'événement



Annexe 9 - Etude de risque : analyse critique

Mission Séchilienne

Réunion d'analyse critique des bases de l'étude de rentabilité économique des parades, tenue le 24 11 2004 à l'IGE.

(Compte-rendu établi par la mission, et validé par les participants)

Participants :

F. Barthélémy (IG Mines, IGE + CGM)

G. Brugnot (CGGREF + délégué aux risques majeurs CEMAGREF, GAES)

P. Momal

P. Boeuf (CGPC- ENPC CERAS)

E. Massé (D4E)

Mission (PH, PM, JLD, MB)

Objet:

Analyse critique de l'étude socio-économique GIPEA.

Après la présentation générale de l'avancement des travaux par la mission, la discussion a porté sur les thèmes suivants :

I - Point sur l'évaluation du nombre possible de victimes

L'évaluation des dégâts doit conduire à distinguer les dégâts économiques (destruction ou endommagement d'infrastructures, de bâtiments, pertes d'exploitation, dépenses de fonctionnement ou de transport, etc.) et les pertes en vies humaines, évidemment plus importantes du point de vue de l'acceptabilité sociale de telle ou telle solution (quelle que soit la valeur unitaire donnée dans le calcul économique à une vie humaine).

Le nombre des pertes en vies humaines dépend principalement de l'organisation de l'alerte et des secours.

Deux points apparaissent essentiels : le délai d'alerte, et l'existence ou non d'un plan de secours.

La situation de Séchilienne est comparable dans son principe à celle des risques de rupture de grand barrage. Pour le barrage de Monteynard, à l'amont de Grenoble, le volume d'eau est nettement plus important que dans les aléas les plus élevés de Séchilienne (270 hm³ d'eau, contre 20 à 25 à Séchilienne dans le scénario 370) et le délai d'arrivée de l'onde de crue plus court, mais la probabilité de rupture n'est que de l'ordre de 10⁻⁵ par an : Il y a en moyenne une rupture de barrage par an sur 10 000 ouvrages répertoriés, mais une meilleure surveillance, et une meilleure connaissance hydrologique, conduisent à évaluer que le risque statistique est plus faible en Europe de l'Ouest.

Les évaluations de nombre de victimes de l'étude Gipéa paraissent très basses : 12 seulement pour le scénario 370, concernant une zone de 285 000 habitants, 1 à 2 pour les scénarios 350 et 360.

Un ordre de grandeur peut être établi par référence à des crues rapides (crues du Sud-Est : Gard, Vaisons-la-Romaine), ou à des ruptures de barrages (Malpasset) ou de remblai (Moissac) pour les scénarios les plus importants. Cela conduit à des évaluations se chiffrant en dizaines de vies humaines pour les aléas de court ou moyen terme. Pour les aléas plus importants (360, 370), le chiffrage du nombre de victimes s'exprime en centaines, voire en milliers en cas de « flagrant délit de manœuvre » : onde de crue arrivant pendant l'évacuation. Ce sont ces ordres de grandeur que la mission estime devoir retenir, et non les estimations nettement plus faibles de Gipéa.

La valorisation économique des pertes en vie humaine varie entre environ 1 M€ (estimation retenue par l'Équipement dans les investissements améliorant la sécurité routière) et 3 M€ (ordre de grandeur des estimations retenues en Suisse, où ce chiffre est par ailleurs modulé selon l'acceptabilité du risque, et selon l'importance du nombre de victimes). Ce point relève d'un choix politique, mais l'acceptabilité sociale d'un risque pour les vies humaines n'est pas réductible à sa seule évaluation économique, quel qu'en soit le montant : ce point sera donc traité à part, à l'amont de la présentation de l'étude économique, dans les propositions de la mission.

II - Points à faire préciser par GIPEA :

Plusieurs participants ont trouvé les documents remis par GIPEA peu lisibles ou insuffisamment argumentés. Il a été demandé à GIPEA d'assurer la livraison complète de tous les algorithmes et formules de calcul avec une notice explicative, ce qui n'est pas entièrement fait. Les questions sur la justification de la structure des arbres d'évènements, base essentielle de la méthode, renvoient au § 3 ci-après.

III - Commentaires sur la méthode de raisonnement, et les correctifs à apporter.

La méthode utilisée par GIPEA repose sur les 8 points suivants, commentés ci-dessous point par point en fonction de ce qui a été dit en réunion, et dans l'ordre méthodologique de la démarche suivie :

- *L'évaluation physique des aléas hydrauliques résultant de la rupture du barrage naturel formé par l'éboulement, dans les 4 scénarios retenus (338 à 370)*

ce point, relevant du domaine hydraulique et du traitement de données géographiques, a été traité par GIPEA à partir des études Sogreah disponibles. Il ne pose pas de question de principe en matière économique. L'imprécision sur les hypothèses et les analyses hydrauliques pour des débits exceptionnels, soulignée par SOGREAH pour les scénarios 350 à 370, se répercute en incertitude forte sur les résultats économiques relatifs à ces scénarios.

- *un modèle de liaison des aléas géologiques et hydrauliques représenté par les « arbres d'événement » du document Gipéa, séquentiels, associant des aléas géologiques (choisis parmi les 4 scénarios retenus) et des aléas hydrauliques (crues de débit fixé), et intégrant les probabilités de réalisation des aléas.*

C'est le point essentiel. Il est discuté plus loin en détail.

- *La fixation, par le maître d'ouvrage, des paramètres représentant les probabilités d'occurrence de chaque aléa, représenté par un embranchement de l'arbre d'événement*

Ce point a appelé une remarque, portant sur le fait que les probabilités d'occurrence de chaque événement se trouvant multipliées quatre fois dans l'arbre d'événement, le résultat est extrêmement sensible à une variation même faible du paramètre représentant la probabilité annuelle de chaque éboulement : le résultat peut ainsi varier d'un ordre de grandeur.

- *Une évaluation économique chiffrée des scénarios de dommages correspondant à chaque scénario d'aléas*

Ce point (évoqué en réunion et dans la note de la D4E par Emmanuel Massé) a fait l'objet pour les préjudices économiques d'une approche globale menée par Gipéa, associant sur SIG les bases de données du cadastre et de l'INSEE et les données d'inondabilité SOGREAH des différents aléas. La méthode, déjà utilisée ailleurs,

apparaît très intéressante et adaptée dans son principe. Sa limite réside dans l'imprécision des données d'entrée (en particulier celles concernant les dommages industriels), qu'on retrouve évidemment dans les résultats (selon la règle rappelée en séance : « garbage in, garbage out »).

Pour les pertes en vies humaines, cf § I ci-dessus

- *Une pondération des évaluations de scénarios de dommages par leur probabilité annuelle calculée, pour obtenir un « dommage statistique annuel avant parade »*

Ce point a été critiqué sur le fond : cf. ci-dessous. La très forte sensibilité des résultats aux valeurs numériques retenues pour les probabilités annuelles, qui se cumulent pour les aléas de niveau élevé, a par ailleurs été signalée.

- *La définition des performances de chaque parade : niveau d'aléa en dessous duquel la parade rend le site transparent au regard de l'aléa considéré.*

Ce point, ne relevant pas de l'économie mais de disciplines d'ingénierie technique, n'a pas été discuté en séance le 24. Il avait été vu entre le maître d'ouvrage et Gipéa, en fonction des caractéristiques des parades. Il ne semble pas soulever de difficultés.

- *La détermination, pour chaque stratégie de parades, du nouveau scénario de dommages correspondant à chaque scénario d'aléa, et du nouveau « dommage statistique annuel après parade »*

Mêmes remarques que pour les points 2 et 5.

- *La définition d'un ration bénéfices/coûts de chaque parade, défini comme le rapport (en valeurs actualisées à .. %) entre l'abaissement du dommage statistique annuel, et le coût annuel de la parade (lui-même défini comme le coût d'investissement divisé par une durée de vie estimée, et augmenté du coût d'exploitation annuel)*

Outre les remarques de méthode relevant des points 2 et 5, reprises ci-dessous, il a été signalé que les ratios bénéfices/coûts extrêmement élevés affichés pour les parades dites « court terme » (casiers hydrauliques et déviations) attiraient l'attention de l'économiste soit sur une erreur d'estimation flagrante (sous-estimation du coût des parades, ou sur-estimation des dommages), soit sur une anomalie dans le processus de décision passé : l'intérêt à réaliser ces parades le plus vite possible apparaît extrêmement élevé, et on s'étonne qu'elles n'aient pas encore été faites.

Analyse critique de la méthode des arbres d'événement, telle qu'elle a été appliquée (points 2, 5 et 7 ci-dessus) :

Quatre points ont été soulevés :

La structuration de l'arbre d'évènements, pour prendre en compte les aléas successifs que sont les éboulements (cf. aussi la note B4 04 131 de la D4E). Le modèle de « représentation des états du monde » de Gipéa considère implicitement que chaque année peuvent se produire un, deux, trois ou quatre éboulements d'ampleur croissante (338 à 370). Il ne prend pas en compte les cas d'une séquence de quatre éboulements répartis sur plusieurs années.

Cette restriction de l'ensemble des séquences d'aléas, appliquée de façon identique au calcul des dommages sans parades puis après parades, conduit à minorer artificiellement la rentabilité des parades long terme : l'effet de réduction de dommage dû à ces dernières, au dénominateur du taux de rentabilité calculé, est en effet pondéré par un coefficient plus faible, du fait de la non prise en compte d'aléas où elles sont efficaces. L'effet est inverse sur le taux de rentabilité des parades court terme,

puisqu'on ajoute au numérateur et au dénominateur des aléas identiques sur lesquels elles n'ont pas d'efficacité.

Le fait que les tous les aléas sont considérés dans le modèle comme des tirages au sort « avec remise », et que les calculs sont faits sans actualisation : l'hypothèse de tirage avec remise est valide pour les crues (l'existence d'une crue Q_{10} ou Q_{100} l'année n n'empêche pas d'avoir la même, l'année $n+1$), mais pas pour les éboulements : l'éboulement 338 s'il se produit l'année n ne peut plus se reproduire ultérieurement. Les corrections introduisant le tirage sans remise et l'actualisation des coûts et des avantages conduisent à rectifier à la baisse la rentabilité des parades court terme, de façon très sensible ; d'après le calcul effectué par P. Momal, la rentabilité calculée des casiers passe ainsi de 856 (valeur extraordinairement élevée !) à 32, qui reste encore très forte. La rentabilité des déviations basse et haute reste aussi largement positive, à environ 4 et 3 d'après les mêmes calculs.

La liaison entre crue et éboulement : Les avis d'expert (cf. notamment avis de P. Habib, dans le rapport du GAES) conduisent à prendre en compte une forte liaison entre les probabilités de crue et d'éboulement, du fait de la corrélation étroite entre les crues et les précipitations sur le site. La probabilité globale d'éboulement une année donnée étant renseignée dans l'arbre d'événement, la probabilité de crue à prendre en compte ensuite n'est pas la probabilité brute (0,01 pour $Q > Q_{100}$, 0,09 pour Q compris entre Q_{10} et Q_{100} , 0,9 pour $Q < Q_{10}$), mais la probabilité conditionnelle de « crue si éboulement », qu'on peut approcher facilement à partir d'hypothèses sur la probabilité d'« éboulement si crue » (par exemple 100% pour $Q > Q_{100}$, 40% pour Q compris entre Q_{10} et Q_{100} , 10% pour $Q < Q_{10}$), conformément au tableau suivant :

Probabilités Nature de crue	Probabilité de crue « brute »	Probabilité d'éboulement si crue (hypothèse du maître d'ouvrage)	Probabilité globale d'éboulement (produit des 2 précédentes)	Probabilité de crue si éboulement (distribution de probabilité des cas possibles)
Supérieure à la centennale Q_{100}	0,01	1	0,01	$0,01 / 0,136 = 0,07$
Comprise entre la décennale Q_{10} et la centennale Q_{100}	0,09	0,4	0,036	$0,036 / 0,136 = 0,26$
Autre (Inférieure à la décennale Q_{10})	0,9	0,1	0,09	$0,09 / 0,136 = 0,66$

Cette correction due à la liaison entre crue et éboulement va conduire à majorer fortement la rentabilité des galeries hydrauliques de gros diamètre, puisque la pondération relative attribuée aux embranchements où elles sont efficaces va être multipliée par 7 pour la galerie de 1200 m³/s (efficace au-delà de la crue centennale) et par 3 pour la galerie de 800 m³/s (efficace de la crue décennale à la centennale). A l'inverse, la rentabilité de la galerie de 400 m³/s va être corrigée à la baisse, pour la même raison.

La prise en compte du temps introduit deux modifications :

La correction due au délai de réalisation des parades : celle-ci va être peu significative, puisque les parades « court terme » (casiers et déviation) ont un délai de réalisation très court, et que les parades longues à mettre en œuvre (tunnels et galeries) protègent contre des aléas considérés comme très peu probables à court terme.

La correction due à la variation de rentabilité d'une parade au cours du temps (liée notamment au principe de « tirage sans remise » évoqué plus haut) : par exemple, les casiers hydrauliques ont une rentabilité très élevée au début, mais qui tombe à 0 une fois que l'aléa 338 s'est produit. Le calcul

complet de la rentabilité nécessite donc une actualisation des coûts et bénéfices sur leur période d'efficacité.

IV – Remarques générales

Il existe des logiciels paramétrables permettant de faire des calculs coûts / avantages du type de ceux qui ont été menés. Deux d'entre eux ont été cités en réunion : « @Risk » (logiciel du commerce), et « HUGIN » (logiciel de réseau bayésien dont la version « Hugin Lite » est téléchargeable en accès libre). Il serait intéressant d'en expertiser les possibilités, sachant qu'il faudra de toute manière répondre en amont du paramétrage aux mêmes questions sur la pertinence de représentation du modèle d'évènements

Les participants ont souligné l'intérêt qu'il y aurait à disposer d'un modèle permanent, largement accessible, permettant d'aider à l'information de toutes les parties prenantes et à la décision en intégrant les variables physiques (sur les aléas), techniques (sur les parades) ou socio-économiques (sur les différentes catégories de dommages). Le travail rendu par Gipéa pourrait constituer l'un des éléments de base pour l'élaboration de ce modèle, notamment pour la liaison entre aléas et dommages, et pour l'évaluation des scénarios de dommages avant ou après parades.

Remarques globales sur les corrections à apporter aux résultats de rentabilité des parades donnés par Gipéa : Indépendamment de l'imprécision des données chiffrées utilisées pour paramétrer les modèles, et en particulier des incertitudes sur les risques de pertes humaines qui sont les plus importantes, les calculs bruts de Gipéa conduisent à attribuer une rentabilité économique extrêmement élevée aux parades court terme, casiers et déviations (cf. ci-dessus la remarque faite au § III, à la mention du point 8), la rentabilité décroissant ensuite très significativement pour les parades lourdes (galeries importantes ou tunnels).

Les critiques faites au § III ci-dessus donnent le sens des corrections à apporter (qui seraient probablement importantes dans certains cas) :

la rentabilité des parades court terme est à revoir à la baisse, principalement par la correction du « tirage sans remise » et de l'actualisation. Cette rentabilité peut cependant être approchée en ordre de grandeur par un calcul très simplifié réduisant « l'espace des états du monde » au seul scénario 338 : elle restera vraisemblablement très élevée, de l'ordre de la valeur de 32 citée plus haut pour les casiers. Une approximation du coût de l'absence de décision de réalisation de ces parades, au regard de leur rentabilité exceptionnellement élevée, peut être donnée sur la base des paramétrages Gipéa : le gain statistique annuel apporté par les casiers étant de 145 M€, et la probabilité d'éboulement la 1^{ère} année (année de non-décision, dans cette hypothèse) étant de 20%, un retard d'un an dans la réalisation des casiers correspond à une perte potentielle de 29 M€, alors que le montant de l'investissement reporté n'est que de 3,5 M€ !

la rentabilité des parades long terme (galeries et tunnel) est à revoir à la hausse, du fait de la correction sur les possibilités de séquences pluriannuelles d'aléas géologiques

par ailleurs, la rentabilité économique (hors prise en compte des pertes humaines) des galeries de gros diamètres (800 et 1200 m³/s) est à revoir à la hausse, du fait de la liaison entre probabilités de crues et d'éboulements. Ces parades sont par ailleurs les seules qui réduisent significativement les risques sur les vies humaines.

Annexe 10 : Liste des personnes rencontrées

Administrations de l'Etat- niveau national

MEDD – DPPR	M	Truvé	Directeur
	M	Segard	Sous-Directeur
	Mme	Delmas	Chargée de mission
MEDD – D4E	M	Bureau	Directeur
	M	Massé	Chef de bureau
MEDD - DE	M	Berteaud	Directeur
METLT - DR	M	Louis	Directeur-adjoint
	M	Rodriguez	
MISILL - DDSC	M	Barsacq	Sous-directeur SDDCPR
	M	Lefebvre	Adjoint au sous-directeur
CGPC	M	Giblin	Président de la 3 ^{ème} section
	M	Peigné	Responsable collège routes
IGE	M	Laurent	Chef du service de l'IGE
	M	Burdeau	Secrétaire Général

Etat – niveau du massif alpin

DATAR	M	Fonseca	Commissaire à l'Aménagement des Alpes
-------	---	---------	---------------------------------------

Etat – niveau régional

DRE	M	Amiot	Directeur
	M	Maisonnier	Adjoint + SGAR Rhône-Alpes
	M	Cheyne	Responsable programmation
DRIRE	M	Caffet	Directeur,
	M	Le Foll	
	M	Delhomelle	
	M	Fricou	
	Mme	Daujan	
DIREN	M	Alexis	Directeur
	Mme	Levrault	Adjointe

Etat – niveau départemental

Préfecture de l'Isère	M	Bart	Préfet
	M	Baudoin	Directeur de Cabinet
DDE de l'Isère	M	Régny	Chef du SID PC
	M	Hucher	Directeur
	M	Jacquart	Adjoint
	M	Marbach	
	M	Marchesini	
	M	Sionneau	
	M	Puppis	
	M	Colombo	
	M	Journet	
	DDAF de l'Isère	M	Tachker
Mme		Perrin	Adjointe
DDAF / ONF-RTM	M	Biju-Duval	
	M	Requillard	
SEATM	M	Martin	Directeur
BETCGB	M	Cottin	

Préfecture Hautes-Alpes	M	Laugier	Secrétaire Général
DDE Hautes-Alpes	M	Besombes	Directeur
Elus			
Assemblée Nationale	M	Biessy	Député, Maire honoraire d'Echirolles
			Député, Président de la communauté
	M	Migaud	d'agglomération de Grenoble
Conseil Régional	M	Soulage	Premier Vice-Président
	Mme	Blanchard	Vice-Pésidente
Conseil Général de l'Isère	M	Bertrand	Vice Président
	M	Bich	Vice Président (routes)
	M	Revel	Vice Président (environnement)
	M	Galvin	Vice Président
	M	Pichoud	CG canton Bourg d'Oisans
	Mme	Le Gloan	CG canton Vizille
Conseil Général des Hautes-Alpes	M	Truphème	Président
	M	Jaussaud	CG Délégué, Am. du territoire
	M	Fardella	CG canton de la Guisane
	Mme	Long	DGA des services du département
Ville de Grenoble	M	Pilaud	Maire-adjoint
Communautés de communes	M	Grimoud	Pt de la communauté de communes du Sud Grenoblois
Communes	MM		<i>maire de :</i>
		Muller	Huez
		Gravier	Mont de Lans
		Balme	Venosc
		Ravier	Livet et Gavet
		Strapazzon	St Barthélémy de Séchilienne.
		Berhault	Vizille (avec deux adjoints)
		Marini	
		Gallego	
Services publics locaux			
Services du CG 38	M	Agnel	Directeur Général des Services
	M	Lassiaz	Directeur du service des routes
	M	Roux	
	M	Monti	
	M	Gachet	Service des équipements publics/SYMBHI
AURG	M	Grange	Directeur
Socioprofessionnels :			
Industriels	M	Vellar	Atofina
		Thuillier	Cezus
		Vayr	
Stations touristiques	M	Pichoud	Président du CDT
	M	Faraudo	Président de la SATA
SAGE Drac Romanche	M	Sibieud	Chargé de mission
Régie des Eaux de Grenoble	M	Tcheng	Directeur
SIERG	M	Bertrand	Président
EDF	M	Kober	
	M	Gaudron	
	M	Perret	
SOGREAH	M	Demerle	
	M	Carré	
Associations	M	Cabanne	Comité des Ruines de Séchilienne

		Mme	Tomazino	
		Mme	Cartiaux	
		M	Gros	
		M	Grosjean	
		M	Jorcin	
		M	Ughetto	
		M	Cannac	Association de désenclavement
		M	Chalvin	de l'Oisans
		M	André	Union des Quartiers de Grenoble
Experts				
Collège d'experts	Panet	M	Panet	Président
CETE Lyon		M	Effendiantz	
		M	Potherat	
Centre d'étude des tunnels		M	Mazzoleni	
Pole grenoblois des risques naturels		M	Gillet	Ancien directeur
		M	Vengeon	Nouveau directeur
Université Joseph Fourier		M	Jongmans	Professeur de géophysique et sismologie
Institut des Risques Majeurs		M	De Choudens	Président
		M	Gianocarro	Directeur
Canton du Valais		M	Rouiller	Géologue cantonal
Groupe d'appui d'expertise scientifique	et	M	Brugnot	CEMAGREF
		M	Degoutte	CGGREF
		M	Habib	Ecole Polytechnique
		Mme	Vallée	INERIS
		M	Cœur	Historien
		M	Wilhelm	Confédération helvétique
Experts économie statistique	et	M	Barthélémy	CG Mines / IGE
		M	Massé	MEDD – D4E
		M	Bœuf	CGPC – ENPC/CERAS
		M	Momal	Consultant indépendant

Annexe 11 : Table des abréviations et sigles utilisés

APSI	Avant Projet sommaire d'itinéraire
ARP	Aménagement des Routes Principales (Instruction du Ministère de l'Équipement)
AURG	Agence d'Urbanisme de la Région de Grenoble
BETCGB	Bureau d'étude technique des grands barrages
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et Minière
CDT	Comité départemental du tourisme
CEMAGREF	Centre d'étude du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts
CERAS	Centre d'enseignement et de recherche en analyse socio-économique (ENPC)
CETE	Centre d'études techniques de l'Équipement
CETU	Centre d'étude technique des tunnels
CGGREF	Conseil Général du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
CGM	Conseil Général des Mines
CGPC	Conseil Général des Ponts et Chaussées
CIH	Centre d'ingénierie hydraulique (EDF)
CLAIRS	Commission locale d'information sur le risque de Séchilienne
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
D4E	Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale (MEDD)
DATAR	Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale
DCS	Document communal de synthèse
DDAF	Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
DDE	Direction Départementale de l'Équipement
DDSC	Direction de la Défense et de la Sécurité Civile (MISILL)
DE	Direction de l'Eau (MEDD)
DICRIM	Document d'information communal sur les risques majeurs
DPPR	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (MEDD)
DR	Direction des Routes (METLT)
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
DUP	Déclaration d'utilité publique
EDF	Electricité de France
ENPC	Ecole Nationale des Ponts et Chaussées
FNADT	Fonds national pour le développement et l'aménagement du territoire
FRAPNA	Fédération Rhône-Alpes pour la Protection de la Nature
FS	Francs suisses
GAES	Groupe d'appui et d'expertise scientifique
GIPEA	(Nom commercial du bureau d'études, prestataire de l'étude économique)
GRAF	Génie Rural, Eaux et Forêts
HT	Haute Tension
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
IGE	Inspection Générale de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
INERIS	Institut National de l'Environnement et des Risques
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
LATTS	Laboratoire Technique Territoires Sociétés (ENPC)
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
M€	Millions d'euros
MEDD	Ministère de l'Écologie et du Développement Durable
METLT	Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement et du Tourisme
MF	Millions de francs
MINEFI	Ministère chargé de l'Économie, des Finances et de l'Industrie
MISILL	Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité Intérieure et des Libertés Locales

MT	Moyenne Tension
MW	Mégawatt
NGF	Nivellement Général de la France (cote de la carte IGN)
ONF-RTM	Office National des Forêts – Service de Restauration des Terrains en Montagne
POI	Plan d’opération interne (relève de l’exploitant de l’installation)
POS	Plan d’occupation des sols
PPI	Plan particulier d’intervention (relève du préfet)
PPR	Plan de prévention des risques
PSS	Plan de secours spécialisé
RD	Route Départementale
RECITA	Régulation de la Circulation en Tarentaise
RN	Route Nationale
RTE	Réseau de Transport d’Electricité
SATA	Société d’aménagement touristique de l’Alpe d’Huez
SCOT	Schéma de cohérence territorial
SDAU	Schéma d’aménagement et d’urbanisme
SDIS	Service Départemental d’Incendie et de Secours
SEATM	Service d’Etude et d’Aménagement Touristique de la Montagne
SGAR	Secrétaire Général pour les Affaires Régionales
SIERG	Syndicat intercommunal des eaux de la région grenobloise
SOGREAH	(Nom commercial d’une société d’hydraulique)
SYMBHI	Syndicat mixte des bassins hydrauliques de l’Isère
VP	Vice Président