

**CONSEIL GENERAL DES PONTS
ET CHAUSSEES**

**INSPECTION GENERALE
DE L'ENVIRONNEMENT**

IGE n° 04 / 007

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

par

Jean-Louis DURVILLE
Ingénieur Général des Ponts et Chaussées

Philippe HUET
Ingénieur Général du GREF

Paul MADIER de CHAMPVERMEIL
Ingénieur Général des Ponts et Chaussées

Michel BADRE
Ingénieur Général du GREF

membres du Conseil Général des Ponts et
Chaussées

membres de l'Inspection Générale de
l'Environnement

RAPPORT DEFINITIF - MARS 2005

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	16
2.2 Les aléas hydrauliques.....	19
2.3 Synthèse et définition des scénarios d'aléas	21
3 LES ENJEUX ET LES RISQUES	24
3.1 Hiérarchisation des enjeux : sécurité des personnes ou enjeux matériels.....	25
3.2 Enjeux routiers – impact économique.....	26
3.2.1 Les mesures déjà prises	26
3.2.2 Les itinéraires de déviation existants.....	27
3.2.3 L'impact économique.....	29
3.3 Les enjeux d'urbanisme.....	31
3.3.1 A l'aval du site d'éboulement.....	31
3.3.2 A l'amont du site de l'éboulement	32
3.4 Les enjeux industriels	32
3.5 La perception du risque par les acteurs locaux	35
3.6 Synthèse sur les enjeux au regard des aléas.....	38
3.6.1 Les enjeux humains.....	38
3.6.2 Les enjeux économiques.....	39
4 LES PARADES TECHNIQUES	42
4.1 Les parades non retenues.....	42

4.1.1	L'abattage contrôlé du versant.....	42
4.1.2	L'intervention a posteriori par pompage	42
4.1.3	Le tunnel sous Belledonne.....	43
4.1.4	Le tunnel mixte, hydraulique et routier	43
4.2	Une parade mixte : le merlon de protection.....	44
4.3	Les parades routières.....	44
4.3.1	Déviations à l'air libre	44
4.3.2	Tunnel routier	45
4.4	Les parades hydrauliques	46
4.4.1	Les dispositifs de contention de l'onde de crue (casiers, digues)	46
4.4.2	Les galeries de vidange de fond de la retenue	47
4.5	Synthèse sur les parades : coût, délai et performances.....	51
5	LES COMPARAISONS AVEC D'AUTRES SITUATIONS	54
5.1	Séchilienne et les autres risques de l'agglomération grenobloise	54
5.2	Le traitement de risques d'éboulement menaçant d'autres itinéraires ou d'autres lieux habités	55
5.2.1	La RN 90 (Tarentaise) et la RN 212 (Val d'Arly)	55
5.2.2	La route d'accès à Auron : La Clapière (Saint-Etienne-de-Tinée).....	57
5.2.3	L'accès à Zermatt : Randa (Valais suisse).....	59
5.2.4	Valpola (Lombardie, Italie)	60
5.3	Le cas des crues rapides.....	62
5.4	Conclusion sur les comparaisons.....	62
6	PROPOSITIONS DE SOLUTIONS, ET DE DEMARCHE POUR L'AVENIR.....	64
6.1	Les stratégies de parades	64
6.1.1	Des parades hydrauliques, pour assurer d'abord la sécurité des personnes.....	65
6.1.2	Des parades routières justifiées d'abord par leur rentabilité économique.....	68
6.1.3	Hierarchisation des parades – solution de base et variantes	69
6.2	Maîtrise d'ouvrage et financement.....	71
6.2.1	Intérêt à agir des différents acteurs	71
6.2.2	Conséquences pour la maîtrise d'ouvrage	73
6.2.3	Conséquences pour le financement	74
6.3	Un outil permanent d'aide au débat public, et à la décision	76
6.4	Autres recommandations : études à entreprendre	76
6.4.1	Etudes techniques liées au site.....	76
6.4.2	Etudes socioéconomiques liées au site.....	77
6.4.3	Etudes et recherches méthodologiques, de portée générale.....	78
CONCLUSION	79

ANNEXES	82
Annexe 1 : Lettre de mission	82
Annexe 2 : Liste des plans et schémas	84
Annexe 3 : Schéma altimétrique du site	85
Annexe 4 : Liste des principaux rapports et documents d'études consultés	86
Annexe 5 : Extrait de l'avis du Groupe d'appui et d'expertise scientifique (GAES)	88
Annexe 6 : Les aléas, les enjeux, les parades - tableaux de synthèse	92
Annexe 6.1 Tableau de synthèse des aléas.....	92
Annexe 6.2 Tableau de synthèse des enjeux	93
Annexe 6.3 Tableau de synthèse des parades.....	97
Annexe 7 : Méthode de comparaison de l'efficacité des parades, au regard des aléas et des enjeux	98
Annexe 8 : Note de calcul sur l'approche de la rentabilité des parades	101
Annexe 9 : Liste des personnes rencontrées	108
Annexe 10 : Table des abréviations et sigles utilisés	111

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 en 2004 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 à moyen terme.

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 construction d'une déviation routière dans le versant en rive gauche de la Romanche apparaît s'imposer, en particulier pour éviter une interruption longue de la desserte routière de l'amont.

La réalisation des dispositifs de contention en aval (« casiers hydrauliques », digues renforcées) destinés à atténuer ou contenir l'onde de crue résultant de la rupture du barrage dans l'hypothèse de court terme et dans les hypothèses immédiatement supérieures, et celle d'un dispositif préventif de vidange de la retenue, par une ou plusieurs galeries hydrauliques dans le versant rive gauche, constituent le moyen de limiter les risques pour les vies 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 qui interviendraient en même temps que l'éboulement. La mission préconise d'entreprendre dès maintenant les études (certains points techniques restant à préciser), puis la réalisation des parades court terme. Dans l'état actuel des expertises géologiques, la réalisation de la galerie est à entreprendre sans discontinuité après les études. Seul un nouvel avis des experts géologues, suite à des évolutions favorables du phénomène ou à des études validées

débouchant sur des conclusions plus optimistes garantissant une période de stabilité suffisante après l'événement court terme, pourrait conduire à en différer la réalisation.

Ces mesures sont très importantes pour protéger les vies humaines. Leur rentabilité économique au regard de la protection des biens apparaît par ailleurs assurée, 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 5 à 10 M€ pour les travaux de contention, 15 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 le suivi des 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.

Enfin, les travaux menés ont 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.

Introduction

Le risque d'éboulement des Ruines de Séchilienne, dans l'Isère, est connu de longue date et suivi avec une attention particulière de l'Etat 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 improvisé: 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 quartier 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 des phénomènes géologiques en

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

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 : définir les études à entreprendre pour préciser les risques et les parades techniques, à partir des données recueillies, proposer les parades techniques aptes à réduire le risque, en donner une première approche de 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, membres du CGPC, et de Philippe Huet et Michel Badré, ingénieurs généraux du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, membres de l'IGE. Ses travaux se sont poursuivis de mai à décembre 2004.

Le présent rapport définitif donne les conclusions des travaux de la mission, après échanges notamment avec des économistes, la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques et la Direction des Routes. Ces échanges ont mis en évidence l'intérêt de précisions sur l'approche retenue et d'éclaircissements sur le mode de raisonnement, introduits dans le rapport en février 2005. Le nombre et l'importance des études sur lesquelles s'est appuyée la mission 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 un grand 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), et 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 géologiques³ et hydrauliques⁴ 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 EDF⁵. 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 site⁶ 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,

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

³ dont la lettre de mission précisait que les conclusions du groupe Panet n'avaient pas à être ré-évaluées

⁴ cf. avertissement en tête du § 2

⁵ (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)

⁶ Cf. notamment dans le rapport du GAES, l'avis exprimé par Pierre Habib, particulièrement explicite sur ce point.

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 éboulement, n'apporte qu'un effet assez marginal à l'écêtement du pic de crue dont on vient de voir qu'il pourrait être simultané 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'écêtement 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 faibles⁷ à des enjeux socio-économiques très forts.

⁷ La notion même d'approche probabiliste, adaptée à l'analyse des aléas hydrauliques tels que les crues, est en revanche sujette à caution pour les aléas géologiques du type de ceux de Séchilienne, dont l'éboulement dépend d'un

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 d'autres spécialistes, au cours d'une réunion de travail spécifique.

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,
- à prendre en compte 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 :

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.

- **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 de probabilité représentatif de la succession des aléas géologiques, pour les seuls besoins de l'approche économique, pose des questions délicates, détaillées en annexe 7.
- **L'évaluation des enjeux** menacés a été menée à partir de l'étude sous-traitée citée au § 1.1.4. 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 est élevée, 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. Cela a conduit à faire des calculs de sensibilité en faisant varier les paramètres les plus significatifs, pour retenir finalement des fourchettes assez larges d'évaluation des enjeux.

Pour les enjeux économiques d'amont et les enjeux industriels⁸, 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 : d'une part des ouvrages de contention de l'onde de crue : digues renforcées ou « 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 d'autre part 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

⁸ Pour lesquels aucune étude d'ensemble complète n'existe.

réellement délicate, au-delà du caractère très inhabituel par l'importance des débits, des galeries hydrauliques étudiées⁹.

- **La méthode de calcul économique** de l'intérêt des parades est décrite dans les annexes 7 et 8. 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 des caractéristiques des séquences d'évènements géologiques envisagés et de leur juxtaposition avec les aléas hydrauliques.

La méthode utilisée repose sur une comparaison entre le coût des parades et l'économie qu'elles apportent sur le « dommage probabilisé » ; ce dernier est calculé à partir des scénarios d'aléas, auxquels sont affectées pour les besoins du calcul économique des probabilités tenant compte des hypothèses des géologues, et des liaisons entre aléas géologiques et hydrauliques¹⁰

L'analyse critique des modèles disponibles était en effet apparue indispensable à la mission. Elle a été menée avec l'appui de quelques spécialistes en économie et statistiques réunis à cet effet¹¹. Elle a conduit en particulier à 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 économiques¹².

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.

⁹ 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.

¹⁰ Les hypothèses de calcul et valeurs de probabilité sont données en annexe 8.

¹¹ cf. dans les documents sur support séparé le compte-rendu des travaux de ces experts.

¹² 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

Avertissement sur la définition des aléas :

Les bases du présent rapport sont pour les événements court, moyen et long terme.

- les rapports Panet 1 et 2 (2000 et 2003)
- les simulations de propagation de l'éboulement (2003 et antérieures)
- les études hydrauliques (propagation de l'onde de crue) Sogreah 1997-1999-2000

La DDE a lancé en parallèle à la mission des études portant sur.

- Des calculs de propagations d'éboulement
- La propagation de l'onde de crue centennale augmentée des effets de la rupture du barrage naturel court terme, avec une topographie et un modèle hydraulique plus précis que précédemment
- les parades hydrauliques court terme

A la date d'établissement du présent rapport, ces études ne sont pas achevées ou validées.

La mission recommande que toutes les études soient validées au sein du collège d'experts (groupe Panet) tant pour la propagation de l'éboulement que pour les scénarios de rupture et l'écoulement hydraulique. Si une fois validées, ces études donnent des résultats d'un ordre de grandeur différent des données utilisées par la mission, il va de soi que les propositions qui suivent doivent être adaptées.

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'étude¹³.

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.

¹³ 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)

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.

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 :

- 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 § 2.2¹⁴.

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 :

¹⁴ 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.

- pour un éboulement monphasé 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). La prévision de la forme du barrage naturel est un exercice très difficile ; les modélisations réalisées, qui sont de grande qualité, ne doivent pas faire oublier les incertitudes sur les résultats (cote du seuil évaluée à quelques mètres près, par exemple). 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 renard¹⁵ dû à l'infiltration de l'eau à travers le corps du barrage (érosion interne). 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 Valtelline, 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).

Ceci a conduit la mission à retenir quatre scénarios : un scénario court terme et un scénario long terme décrits dans les rapports Panet, et entre les deux, deux scénarios de moyen terme possibles dans la période dix / cinquante ans. Ces scénarios ne paraissent pas incompatibles avec les rapports Panet.

¹⁵ Cette cause de ruine étant nettement moins fréquente dans les cas historiquement observés

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.

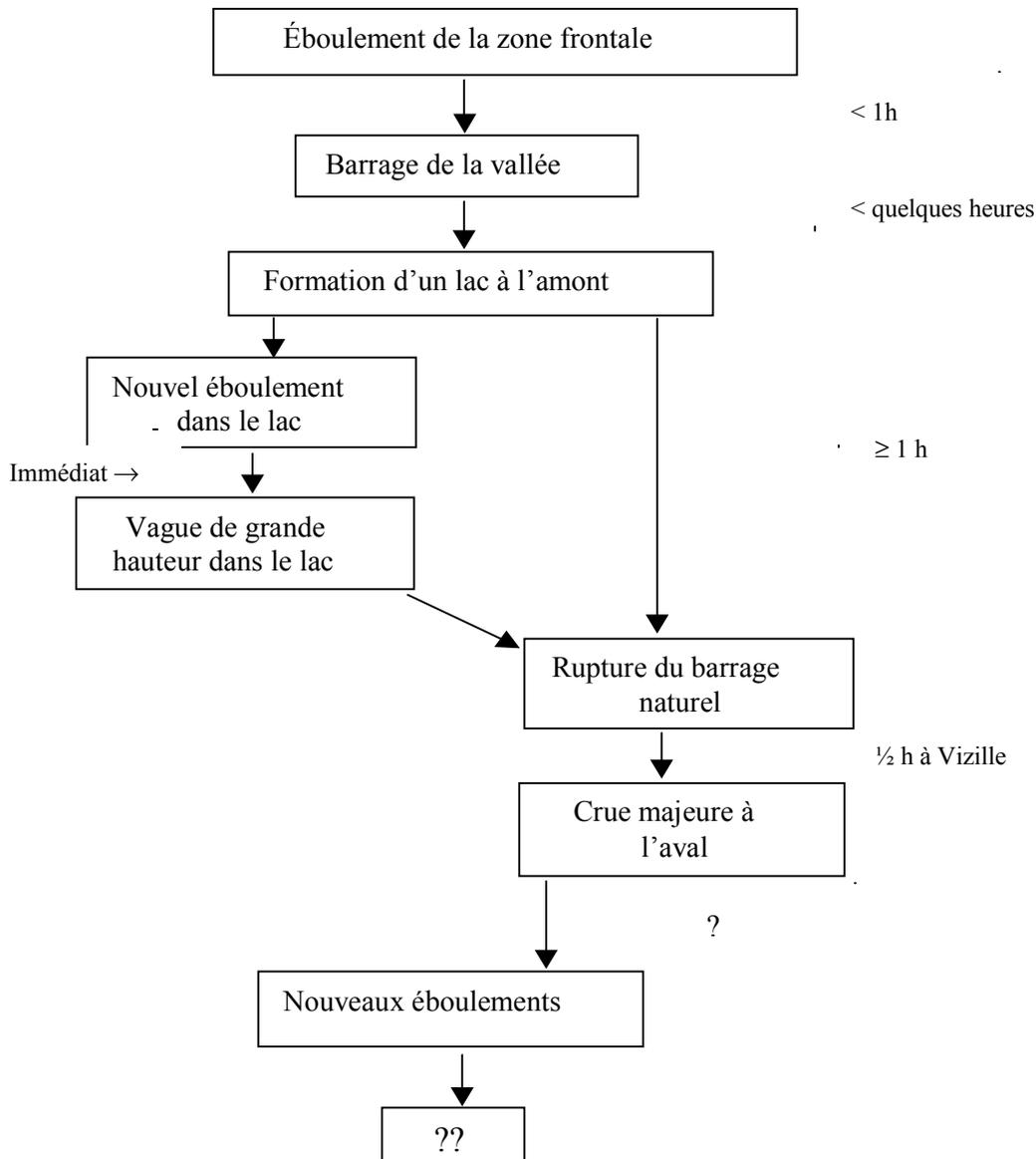


Schéma de fonctionnement possible du site pour l'événement court terme

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 faisaient 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 II de 2003)
<i>Scénario 338</i> ¹⁶	338	3.10 ⁶ m ³	200 000m ³	Scénario dit « court terme monphasé » dans le rapport Panet II de 2003
<i>Scénario 350</i>	350	5 à 6.10 ⁶ 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 à 25. 10 ⁶ m ³	20. 10 ⁶ 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 SOGREAH¹⁷ 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 dans les études SOGREAH antérieures, 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 m³/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 m³/s, analogues aux débits de fleuves importants, hors de proportion avec les crues normalement prévisibles de la Manche 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 suivant¹⁸ donne des indications sur les ordres de grandeur des caractéristiques hydrauliques envisageables, dans les différents scénarios :

¹⁶ Le rapport Panet II retient dans ses conclusions la cote 336 comme plus probable que la cote 338 pour le point bas du barrage, au vu des dernières simulations de forme du dépôt de matériaux. Compte tenu d'une part de la cote minimale de l'entonnement amont d'une éventuelle galerie, et d'autre part de la hauteur de la lame déversante au-dessus du barrage naturel en cas de déversement, la mission a conservé le chiffre de 338, tout en rappelant qu'il s'agit de résultats de simulation dont l'incertitude est assez élevée.

¹⁷ Ces études, menées dans les années 1990, sont compatibles avec les hypothèses du rapport Panet II.

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 338¹⁹ 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

¹⁸ 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

¹⁹ 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.

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'aléas géologiques », représentatifs de situations de 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 2003²⁰. Les effets de la rupture du lac formé, dont le volume d'eau est d'environ 200 000 m³, correspondraient 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.

À 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 à Vizille et Jarrie²¹. 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.

Probabilisation des aléas :

La lettre de mission demande une première approche du bilan coût / avantages des parades, au regard des aléas identifiés. Il faut pour cela être en mesure d'affecter des probabilités annuelles, et totales cumulées à l'horizon retenu, aux aléas pris en compte.

Or deux types d'aléas sont à prendre en compte :

²⁰ Aléa de référence de l'hypothèse « court terme » citée dans la lettre de mission.

²¹ 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. À la date de rédaction de ce rapport, les résultats ne sont pas disponibles.

- l'aléa hydraulique, pour lequel l'événement (crue) peut se répéter à l'identique n fois. Cet aléa est probabilisable, par une **loi de probabilité fréquentielle**, dès lors qu'on dispose d'une série de données
- l'aléa géologique, pour lequel en principe un scénario d'éboulement ne peut se produire qu'une fois. Il n'est pas probabilisable sur la base de données d'expérience. Tout au plus peut-on attribuer à chaque scénario une **probabilité subjective**, à dire d'experts (géologues, géophysiciens, observateurs, etc.)

La mission, non contredite par les économistes et statisticiens qu'elle a consultés, a pour l'approche coûts / avantages combiné ces deux types de probabilités, en tenant compte par ailleurs de la non-indépendance des crues et éboulements.

Conformément aux calculs détaillés dans l'annexe 8, cela conduit à retenir **pour la seule approche économique** les hypothèses suivantes, à considérer comme des ordres de grandeur :

Scénario*	Horizon	Probabilité annuelle initiale**	Probabilité cumulée sur la période
338 monophasé	Court terme (10 ans)	5%	40% (sur 10 ans)
350 (mono ou polyphasé)	Moyen terme (15 à 45 ans)	1%	26% (sur 30 ans)
360 (mono ou polyphasé)	Moyen terme (20 à 50 ans)	Non évaluées***	
370 (mono ou polyphasé)	Long terme (égal ou supérieur à 50 ans)		

* la liaison entre crue et éboulement n'est pas figurée dans le tableau (cf. annexe 8), qui ne préjuge par ailleurs en rien des événements susceptibles de se produire dans la période 10 / 20 ans

** la probabilité décroît au cours du temps, du fait de la non-reproductibilité : cf. annexe 8

*** la rentabilité des parades est calculée sur les seuls scénarios inférieurs ou égaux à 350, ce qui en donne une valeur minorée.

La mission rappelle que c'est à partir du rapport Panet II qu'elle a évalué à 40% la probabilité cumulée sur 10 ans du scénario « 338 monophasé » (le scénario « 338 polyphasé », jugé plus probable par le groupe Panet, ayant alors une probabilité cumulée de 60%)

Les hypothèses du rapport Panet I de 2000 citent comme « très improbable dans les 10 ans » et « peu probable entre 10 et 50 ans » la réalisation du scénario 370. Aucun des deux rapports Panet ne donne d'hypothèse sur les scénarios 350 et 360. C'est en l'absence de telles hypothèses que la mission a retenu les valeurs numériques prises en compte ci-dessus, qui conduisent pour le scénario 350, logiquement nettement plus probable que le 370, à une probabilité cumulée de 26% sur 30 ans (entre 15 et 45 ans). Ces hypothèses ne paraissent pas contredire les rapports Panet I et II.

L'existence de méthodes dérivées de l'économie expérimentale, qui permettent de rationaliser et de stabiliser les approches subjectives, mériteraient d'être employées pour préciser ces hypothèses (cf. in fine les études complémentaires proposées)

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).

Il est essentiel de bien distinguer les enjeux humains (risques de victimes, sécurité des populations) des enjeux matériels (risques de dommages, sécurité des biens), les premiers interpellent directement les autorités publiques (Etat mais aussi Maires) ; les seconds concernent l'ensemble des acteurs.

Pour l'approche coût/avantage demandée par la lettre de commande, la mission n'a pas chiffré le coût économique des pertes potentielles en vies humaines (au demeurant, ce coût serait pour les scénarios moyen et long terme, très probablement de beaucoup inférieur au coût des dommages économiques). Elle a seulement tenté une approche du nombre de victimes potentielle par analogie avec des événements de même type (cf 3.1).

Il faut noter que pour le scénario court terme, les évaluations de dommage utilisées ne correspondent qu'au surcoût estimé de la rupture du barrage par rapport à la crue centennale. Pour les autres scénarios, le dommage imputable à la crue centennale est bien inférieur au dommage dû à la rupture et à la propagation de la vague. Il est donc, dans ce cas inutile de parler de surcoût.

Pour les dommages économiques d'amont (Oisans), la mission a utilisé les données fournies par les communes et les stations touristiques, et les surcoûts liés à l'allongement des transports (cf 3.2).

Pour évaluer les dommages économiques d'aval (cf 3.3 et 3.4) comme indiqué au § 1.2, la mission a disposé de données antérieures très partielles (LATTIS, industrie), des données de l'étude spécifiquement demandée par la mission pour l'habitat²², et des ratios fréquemment observés en matière d'inondation ; l'ensemble permet tout au plus de donner des ordres de grandeur avec des fourchettes.

Enfin, une approche coût/avantage ne peut se limiter au seul aspect économique pour lequel des chiffres sont proposés : la perception du risque par les acteurs est essentielle (cf 3.5).

²² Etude GIPEA

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. La RN 91 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 :

- o 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.
- o 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) :

- o section Pont de Claix – Vizille = 536 MF (environ 82 M€)
 - o 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 du chef-lieu 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^e 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 4,6M€).

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 dans des conditions à peu près normales.

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 100 à 150k€/jour. Les pertes d'exploitation touristique journalière sont évaluées avec prudence à la moitié du chiffre d'affaire journalier soit 400 k€/jour. Cette estimation ne prend pas en compte le risque de perte de part de marché des stations.

Au total la perte serait largement supérieure à 500k€/jour, l'estimation ne prend pas en compte le coût économique pour les entreprises qui emploient les 1500 salariés qui chaque jour vont de l'Oisans travailler à l'aval de Séchilienne.

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. 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'aléa²³.

Les estimations varient de quelques dizaines à 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.

²³ On rappelle que la précision des résultats des études SOGREAH est bien meilleure pour le scénario 338 que pour les trois autres.

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 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-Serre²⁴

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. 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 doit être envisagée 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, identifie 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)²⁵, et d'autres communes

²⁴ 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.

²⁵ 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

éventuellement touchées (à étudier). Les taxes professionnelles et foncières représenteraient plusieurs dizaines de millions d'euros pour les 22 établissements.

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, en résumé, 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 accrue²⁶, 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

²⁶ En particulier, l'expérience du « Plan Loire grandeur nature » (DIREN et Bassin Loire Bretagne) doit être valorisée

propos du MEDD dans les années 2002 qu'ils ont jugés rassurants et, tout en regrettant que l'Etat 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,

- Electricité de France²⁷: l'entreprise est concernée par la gestion des barrages de la haute Romanche, l'exploitation de la chaîne de la moyenne Romanche en 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,

²⁷ Il conviendrait qu'un contact soit établi avec RTE, certains des points cités ici relevant maintenant de cette entreprise et non d'EDF.

- 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 aléas²⁸

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 (GIPEA).

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.

²⁸ Cf. détail des valeurs chiffrées retenues en annexe 6.

**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	Population²⁹ 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 fonctionnement³⁰. L'insuffisante précision de certaines données d'entrée, notamment en matière de dommages industriels,

²⁹ source : étude Gipéa (cf. documents annexés), par rapprochements des cartes d'inondabilité et des données INSEE et cadastre.

³⁰ 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.

conduit à ne les considérer que comme des ordres de grandeur, suffisants toutefois pour fonder un raisonnement sur l'efficacité économique des parades.

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 et N91		
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	23 à 50 (surcoût)	7 à 22	94 à 118 M€	100 à 200
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.	500 à 700	20 à 35 (routes)	328	800 à 1000
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	1100 à 1300	30 à 45	391	1500 à 1800
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.	3500 à 4000	50 à 65	620	4200 à 4700

(d'après étude GIPEA, et retraitement par la mission)³¹.

³¹ 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). Voir aussi annexe 6.2.

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.

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 LCPC³².

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.

³² 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, dans le contexte actuel et pour Séchilienne, 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 conduisent dans l'état actuel à ne pas retenir la solution d'un tunnel mixte, qui avait été envisagée dans les années 90. 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 pouvant constituer 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 trois 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.

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 haute	360 NGF	- 13,5 M€ TTC - plus-value pour plate-forme élargie : 1,5M€ total : 15 M€	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 basse	350 NGF	total : 6,6 M€	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 permet de faire passer la crue centennale, mais une vérification est à faire à l'occasion des études complémentaires évoquées par ailleurs, au sujet de l'effet de l'onde supplémentaire due à la rupture d'un barrage naturel, dans le scénario 338. Il serait possible de surélever le tablier de 2 m pour permettre le passage d'un débit plus important, 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 à l'aval du site du barrage est envisageable pour des volumes d'eau à évacuer assez modestes.

Pour des retenues importantes, la seule solution apportant une sécurité satisfaisante 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.

Dans certains scénarios intermédiaires (cf. ci-après § 4.4.2), ni les casiers ni la galerie n'apportent à eux seuls une sécurité complète, mais chacun contribue à l'améliorer. On examinera dans ce cas l'efficacité d'une solution mixte.

4.4.1 Les dispositifs de contention de l'onde de crue (casiers, digues)

Un dispositif de **casiers hydrauliques**, permettant l'expansion de l'onde de crue dans le secteur de l'Ile 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.

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 pour lequel ils sont calculés.

Le coût de cet investissement, calculé pour écrêter l'onde de rupture du barrage dans le scénario 338, serait de l'ordre de 3 à 10 M€, selon la conception et la dimension des casiers, et le délai de réalisation de l'ordre de douze à dix-huit mois, la maîtrise foncière étant déjà assurée (Ile Falcon).

L'efficacité de ce dispositif de ralentissement décroît avec l'importance du volume d'eau à évacuer. Une optimisation du dimensionnement des casiers, en fonction des capacités du site, est pourtant 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.

Ce type de dispositif est difficile à régler : il faut en effet pour être efficace qu'il ne commence à fonctionner qu'un peu avant la pointe de crue pour optimiser l'effet d'écrêtement des casiers. Le réglage de la cote du seuil d'alimentation (passif ou par dispositif mobile) est délicat, et la gamme de débit pour laquelle le dispositif est efficace difficile à préciser. Aussi les études doivent elles se poursuivre.

La protection (ou la transparence hydraulique) de la déviation routière proposée par ailleurs en cas de fonctionnement de ces ouvrages devra également faire l'objet d'une étude attentive.

La mission souligne également que le **renforcement des digues** de la Romanche à l'aval de Séchilienne, destiné à assurer une protection contre la crue centennale indépendamment du risque d'éboulement, devrait également être étudié séparément : sous réserve du résultat des études en cours, il apparaît en effet que le fonctionnement optimal des casiers pourra difficilement être obtenu simultanément pour des crues de projet relativement limitées (crue centennale sans éboulement) et pour des pics de crue nettement plus importants (scénarios d'éboulement entre 338 et 350) : le niveau des seuils assurant l'expansion de l'eau dans les casiers est en effet nettement différent dans les deux cas.

Une fois les études terminées, il faudra faire un choix entre trois types de dispositifs : casiers seuls, renforcement des digues seul, ou dispositif mixte. La mission recommande un choix rapide, en soulignant qu'un dispositifs de contention sera de toute façon nécessaire pour les scénarios compris entre 338 et 350 (cf. ci-après § 4.4.2), pour lesquels la galerie n'est pas totalement opératoire. A ce stade, la mission a retenu le principe d'un dispositif de contention de 5 à 10 M€.

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.

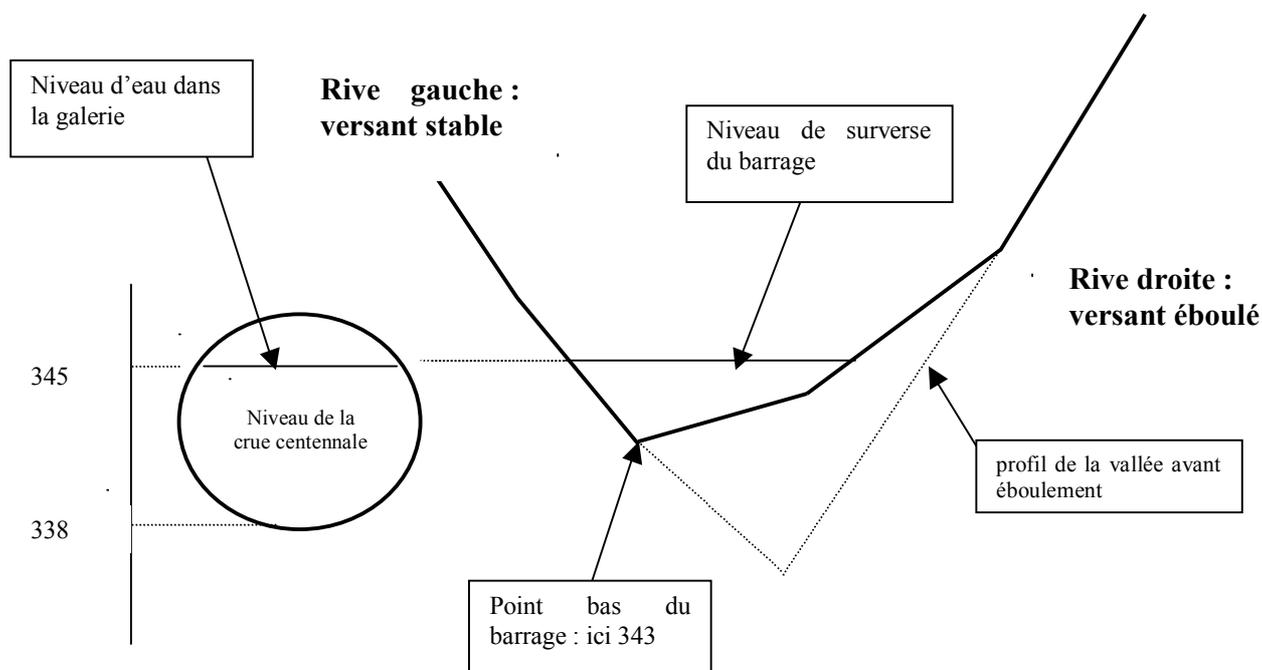
Ce tableau appelle plusieurs remarques importantes :

- 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 350³³ 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, une observation très rapide et avant tout calcul peut faire craindre que des crues plus fortes que la crue millénaire provoquent la

³³ 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.

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 moins visible, en tout cas au-delà de Vizille : il suffit de rappeler ici que Vizille et Jarrie sont 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 des situations où la galerie n'est pas totalement opérante. Ce cas est illustré par le schéma suivant représentant la vallée en coupe transversale, à hauteur du barrage formé par l'éboulement :



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 millénaire 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 millénaire.

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 millénaire 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 m³/s	400	880	1050	1290	1470	1880	2060
Une galerie 11,2 m	341,7	344,4	345,3	346,6	348,0	358,6	362,3
Deux galeries 8,5 m	340,9	343,0	343,7	344,8	348,7	358,8	362,6

Ce tableau montre qu'avec deux galeries de 8,50m, le gain en hauteur (donc en sécurité) est significatif pour les crues « moyennes » (Q_{100} à Q_{500}), 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 plus importante ou des renforcements de digues 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:

Les parades : caractéristiques, coûts et délais

Parades	Solution technique	Caractéristiques	Coûts TTC	Délais de réalisation ³⁴
Routières	Déviations RG, variante basse	Cote maxi 350	6,6 M€	2 à 3 ans***
	Déviations RG, variante haute	Cote maxi 360	15 M€	2 à 3 ans***
	Tunnel routier	Longueur : 800 m environ	56,5 M€	5 ans*
Hydrauliques	Dispositifs de contention		5 à 10 M€	1 à 2 ans***
	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

***source : DDE 38

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 :

³⁴ 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
Déviaton 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 dispositifs de contention	En limite d'éboulement Noyée à l'amont et coupée à l'aval par la submersion, en l'absence de galerie	Détruite	Détruite
Déviaton 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 dispositifs de contention	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 dispositifs de contention	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
Dispositifs de contention	Protègent l'aval contre la crue, en cas de rupture du barrage 338	Sans effet	Sans effet	Sans effet
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 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 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 centennale Q₁₀₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₁₀₀
Galerie Ø 11 m (dimensionnée pour la crue millénale)	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 millénale Q ₁₀₀₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₁₀₀₀	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue millénale Q ₁₀₀₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₁₀₀₀	Empêche le déversement du lac (et donc la rupture) pour les crues inférieures à la crue millénale Q ₁₀₀₀ Faible effet pour les crues supérieures à Q ₁₀₀₀

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

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

(Pour alléger le tableau, les performances de la galerie de diamètre 6m ne sont pas représentées : elles sont analogues à celles de la galerie de diamètre 9m, sous réserve de remplacer Q₁₀₀ par Q₁₀)

Ce tableau appelle quelques commentaires importants :

- ***seules les parades hydrauliques assurent une protection contre les risques de pertes en vies humaines***³⁵. 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%)³⁶ : 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, en cours à la date de publication du rapport, sur les dispositifs de contention.

³⁵ 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.

³⁶ le calcul effectué en annexe 8 montre que dans le cas d'éboulement, on est plutôt à environ 40% de chances de dépasser Q_{10} et 10 ou 12% 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 base³⁷ 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 : 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.

³⁷ 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 environ 10^{-3} à Séchilienne pour le scénario 350 coïncidant avec une crue centennale, par exemple : cf. annexe 8)³⁸

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, ou de petits éboulements, 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

³⁸ On rappelle ici la difficulté d'attribuer une probabilité à ce type d'évènements géologiques, et séquentiels.

coupure de longue durée pourrait donc avoir des conséquences graves en hiver avec l'isolement de quelques centaines de milliers de vacanciers.

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'entonnoir 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 1988³⁹.

- *Aspect routier* :

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

Une déviation définitive routière en tunnel a été établie.

³⁹ 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.

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 fréquent⁴⁰, est plus élevé dans ses conséquences (notamment en vies humaines) que le risque "crues rapides".

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

5.4 Conclusion sur les comparaisons

Le tableau récapitulatif joint montre à l'évidence que dans des situations du même type, les parades curatives ou préventives mises en œuvre 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. Des données recueillies auprès du Conseil Général de la Drôme pour les tunnels de Boulc et des Grands-Goulets renforcent cette appréciation (dépenses de 8 à 50 M€ respectivement pour des RD de 1000 à 1600 véhicules par jour, menacées par des éboulements actifs).

⁴⁰ Au sens probabiliste, et sous les réserves déjà faites à propos de la notion de probabilité

Tableau comparatif des aléas, enjeux et parades

Site	Aléa	Enjeux	Victimes dommages	Parade routière		Parade hydraulique		Autres parades
				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	Déviation	-	Galerie Q500	40 MFS (galerie et route)	<u>Urgence</u> Pompage (11.5 m ³ /s) et chenal 40 MFS
Valpola Valtellina (Lombardie)	- Eboulement 35 Mm ³ en 87 - Lac 15 Mm ³ - Risque nouvel éboulement	Accès à Bormio, St Moritz et Autriche	27 morts Dommages économiques	Tunnel Routier 10km		2 galeries 3.5 km Q250		Surveillance Pompage et chenal 75 M€

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

Il est rappelé en préambule que toutes les propositions qui suivent sont faites dans les hypothèses d'aléas, d'enjeux, de caractéristiques des parades et de probabilité des événements issues des expertises disponibles fin 2004. Toutes ces hypothèses sont détaillées dans les annexes 6.1 à 6.3, et 8.

Pour les aléas géologiques et hydrauliques, les principales hypothèses ayant servi de base aux calculs de rentabilité économique des parades sont résumées dans le tableau ci-après :

Hypothèse	Evènement court terme (scénario « 338 monophasé »)	Evènement moyen terme (scénario 350) ⁴¹
Aléas géologiques	Probabilité de 40% de voir cet événement (non reproductible) se produire dans les dix ans	Probabilité environ 25% de voir un éboulement supplémentaire d'environ 5 millions de m ³ (non reproductible) se produire sur une période de 30 ans, entre 15 et 45 ans
Propagation de l'éboulement	barrage à la cote 336/338	barrage à la cote 350
Concomitance crue centennale/éboulement	12 chances sur 100 qu'il y ait concomitance (cf. annexe 8)	sans objet, pour l'estimation des dégâts à l'aval
Durée de rupture du barrage	¼ d'heure, pour une retenue de 200 000 m ³ d'eau (hypothèse SOGREAH)	35 minutes à une heure (hypothèse SOGREAH)

Les bases d'évaluation des dommages pris en compte sont précisées en annexe 6.2.

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.

⁴¹ Il est rappelé (cf. annexe 8) que les dommages des scénarios 360 et 370 n'ont pas été pris en compte dans les calculs de rentabilité des parades, ce qui donne une valeur minorée de la rentabilité.

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 annexes 7 et 8) 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 les deux types de parades sont distingués 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 une centaine, voire plusieurs et au-delà, selon les scénarios.

Le tableau de synthèse des parades et de leurs performances (cf. § 4.4) indique quant à lui que les dispositifs de contention, sous réserve d'un dimensionnement suffisant, devraient protéger 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 des dispositifs de contention (digues, casiers...). La réalisation de ces dispositifs constitue donc une opération de toute façon nécessaire. On a vu qu'ils demandaient une étude plus fine.

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 un nombre important 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. § 4.4.2), 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 galeries⁴², y compris la recherche de l'abaissement maximum de la cote du seuil de cet ouvrage*

⁴² 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.

- *pour les scénarios plus importants, l'optimisation du débit total à évacuer par galerie, 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 § 4.5 et annexes 7 et 8), dans le cas de réalisation d'un éboulement, la probabilité de voir une crue centennale coïncider avec cet éboulement n'est pas de 1%, comme si les probabilités étaient indépendantes, mais de l'ordre de 10 à 12%. Même avec une probabilité annuelle initiale (valeur de p dans la note de calcul de l'annexe 8) très faible, de l'ordre de 10⁻², pour le scénario d'éboulement non reproductible considéré, la probabilité d'avoir simultanément un éboulement et une crue un peu plus que centennale est donc de l'ordre de 10⁻³. Il apparaît donc à la mission que le scénario « éboulement + crue centennale » a 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. Cette discontinuité très forte dans les dégâts provoqués à l'aval, pour un événement dont la probabilité ne peut être négligée, justifie ce surdimensionnement de la galerie.

A l'inverse, **un dimensionnement calculé sur le débit de la crue décennale⁴³ 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 crue⁴⁴. La seule condition serait alors d'évacuer préventivement le village de Séchilienne, dont la partie basse (lotissement du Grand Serre) serait inondée.

Entre ces deux extrêmes (dimensionnement pour le débit centennal, ce qui paraît insuffisant, ou pour le débit décennal, ce qui paraît non justifié) **la proposition de la mission est de retenir un débit à évacuer en écoulement libre de l'ordre de Q₅₀₀ à Q₁₀₀₀**. La mission a retenu pour ses évaluations chiffrées l'hypothèse de la galerie unique de diamètre 11m.

⁴³ Sous réserve qu'on sache la calculer : probablement autour de 1800 à 2000 m³/s ?

⁴⁴ 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). Par ailleurs, comme on l'a vu, il y aura lieu de chercher à abaisser autant que faire se peut la cote de l'entonnement amont de la ou des galerie(s)

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.

La rentabilité économique de ces investissements hydrauliques, calculée hors prise en compte des risques de pertes humaines, est évaluée en annexe 8.

Les hypothèses faites paraissent minorer l'évaluation de la rentabilité. Le calcul conduit à estimer que du seul point de vue économique, la rentabilité des dispositifs de contention est assurée au vu des hypothèses du rapport Panet si leur coût est inférieur à une dizaine de millions d'euros. Leur rentabilité économique apparaît d'ailleurs surtout liée à la réduction des dommages des scénarios intermédiaires entre 338 et 350.

La rentabilité de la galerie, dont le coût est évalué à 77,5 M€, paraît assurée si la probabilité annuelle initiale du scénario 350 dans 15 ans, après réalisation du scénario 338, est au moins égale à 1% : la mission rappelle à nouveau que ce calcul ne prend pas en compte l'intérêt essentiel de la galerie en matière de réduction des risques pour les vies humaines.

Dans le cadre des hypothèses qui ont été rappelées, 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 :

- *mener à bien les études de définition et de dimensionnement des dispositifs de contention (digues, casiers, etc.) destinés à améliorer la sécurité dans les scénarios pour lesquels la galerie n'est pas totalement efficace. Ces études seront assurées sous le pilotage de la maîtrise d'ouvrage évoquée ci-après.*
- *engager en même temps, dès 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 de faisabilité, 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 mise au point, d'instruction et de réalisation évalué à deux à trois ans. Les expertises géologiques indiquent que pendant cette période, le risque d'éboulement mettant à contribution cette galerie est très faible, mais en sera-t-il de même à échéance plus longue ? dans l'état actuel des rapports géologiques, la mission ne peut que recommander un engagement des travaux sans discontinuité. Seul un nouvel avis des géologues assurant une période de stabilité suffisante permettrait de différer la réalisation.*

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.

Indépendamment de ces approches quantifiées, la mission souligne que la comparaison avec d'autres sites (cf. § 5.2) d'une part, la perception d'une menace toujours présente face à des enjeux considérables d'autre part, incitent à une action décisive.

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, § 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 routières résulte de la méthode décrite au § 1.2 et en annexe 7. Ses résultats sont présentés en annexe 8. **Ils conduisent à une**

rentabilité très élevée pour la déviation haute⁴⁵ : l'hypothèse d'une coupure de route limitée à 42 journées en cas d'éboulement, qui correspond au point d'équilibre de la rentabilité pour un coût de déviation de 15 M€, apparaît en effet comme probablement très inférieure à la réalité. 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 devra être transparente hydrauliquement au regard des scénarios de court terme, pour lesquels elle assure la continuité de l'itinéraire au droit de l'éboulement. Elle assure par ailleurs, sous réserve de la réalisation conjointe d'une galerie hydraulique, la sécurité contre l'interruption du trafic pour des aléas moyens ou importants.

Si l'on retient les conclusions du rapport Panet II, qui semblent repousser 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 des rapports Panet, est donc la suivante :

- la déviation routière, à engager le plus tôt possible (avec prolongation du merlon vers l'est),
- les études et la réalisation des dispositifs de contention (digues, casiers, etc.) adaptés aux scénarios pour lesquels la galerie n'est pas, ou pas complètement, efficace,
- 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

⁴⁵ 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.

- les démarches complémentaires à engager par ailleurs sont rappelées pour mémoire dans le tableau ci-dessous (cf. aussi § 6.3 et 6.4)

Tableau des propositions

Propositions de la mission	Nature des investissements	Coût	Date proposée pour la décision	Délai de réalisation	Observations
Programme de base⁴⁶	Etude et réalisation des dispositifs de contention	5 à 10 M€	2005	1 an à 2 ans	A engager d'urgence
	Déviation haute	15 M€		2 à 3ans	
	Galerie :Etude ⁴⁷ de définition	0,7 M€		1 an	
Programme de base, décision complémentaire⁴⁸ 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 acteurs⁴⁹

- Pour ce qui concerne l'Europe : dans l'état actuel des informations
 - le FEDER (qui est intervenu dans la Drôme pour les tunnels de Boulc et des Grands-Goulets) 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.

⁴⁶ Hors prolongement du merlon, à chiffrer par ailleurs

⁴⁷ 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.

⁴⁸ Fondées sur les rapports Panet I et II

⁴⁹ Cf. aussi § 3.5 : perception du risque par les acteurs locaux.

Plus généralement, les possibilités d'intervention des différents fonds de l'Union méritent une expertise précise.

- 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 études⁵⁰ 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), les simulations montrent que les événements de moyen et long terme généreraient jusqu'à 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

⁵⁰ Le FNADT pourrait être interrogé

d'images - 1 million d'€/jour de chiffre d'affaires⁵¹, en ordre de grandeur. L'un des professionnels rencontrés (remontées mécaniques) s'est déclaré ouvert à un tour de table, en soulignant qu'une éventuelle contribution de leur part serait nécessairement très inférieure au niveau d'investissement requis. Un autre s'est montré plus réservé.

- 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 RTE⁵², 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).

⁵¹ L'impact économique réel est plus faible : il doit tenir compte de la baisse des consommations intermédiaires. La mission a retenu un montant de 500k€.

⁵² qui doit être consulté

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 collectivité⁵³. 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, digues 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 (SYMBHI)
- 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)

⁵³ 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.

- 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 la déviation routière et 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 :
 - o *entre les partenaires de différents niveaux* (Etat /voire Europe, Sivom, Communautés de communes, Agglomération, Ville, Département, Région, voire professionnels)
 - o *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.
 - o *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 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	

* Aep : alimentation en eau potable

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 : études à entreprendre

Les développements de ce rapport reposent sur les rapports Panet I et II d'une part et les études DDE/Sogreah 1997-2000 d'autre part. Compte tenu des données disponibles, le présent rapport n'a pu que proposer des solutions de parade, avec des ordres de grandeur de coût/avantages.

Cette démarche doit être achevée, en la modulant si nécessaire, au vu d'études complémentaires à engager dans les thèmes géologiques, hydrauliques et génie civil, vulnérabilité et économie.

Il est essentiel que la commande d'études soit cohérente, planifiée et suivie. En particulier, le collège Panet devrait jouer un rôle central dans la programmation, l'élaboration des cahiers des charges, et la validation des études, dans les domaines géologiques et sans doute hydrauliques (cf. § 6.4.1).

6.4.1 Etudes techniques liées au site

- Etudes géologiques

Elles sont premières, puisqu'elles concernent le fait générateur. Elles doivent permettre de préciser les modèles géologiques et les modèles d'éboulement, leur horizon, leurs modalités (mono ou polyphasé), leur cote ou leur emprise. Elles sont à définir par le collège d'experts "Panet". L'objectif est d'être si possible plus précis que les rapports Panet 1 et 2 sur l'aspect et l'évolution de la paroi après l'événement court terme.

- Etudes hydrologiques et hydrauliques

Hydrologie générale

- Procéder à une étude "historique" et géomorphologique des crues à l'aval de Séchilienne jusqu'à Pont de Claix, afin notamment d'évaluer si la crue centennale de la Romanche n'est pas dépassée par une crue historique ; à cet effet explorer l'histoire locale notamment dans la zone de Vizille/Jarrie.
- Evaluer le risque et la probabilité d'une concomitance éboulement / crue de la Romanche / crue du Drac.
- Mettre au point avec EDF des consignes d'exploitation des réservoirs amont, suite à une alerte⁵⁴.

Hydraulique et génie civil

- Achever rapidement l'étude des dispositifs de contention (type casiers, renforcement de digues) pour les événements pour lesquels une galerie ne serait pas totalement efficace (court terme et au delà...)
- Préciser leur limite d'efficacité pour une crue simultanée ou non avec un éboulement. A cet effet, préciser les modalités de réglage des niveaux d'entrée de l'eau dans ces dispositifs et leur fiabilité et leur champ d'efficacité.
- Préciser les conditions de résistance à la submersion des digues ou épis à mettre en place (revêtements en particulier) pour l'aléa de référence et l'événement court terme, mais surtout pour des événements plus importants (= étude de danger)
- Décrire les conditions de transparence hydraulique de la déviation haute (et de sa résistance à la submersion) et prévoir un ouvrage de décharge pour protéger le pont aval.
- Etudier précisément l'ouvrage d'entonnement de la galerie.
- Eventuellement re-préciser les hauteurs/surfaces de submersion pour les scénarios 350, 360 et 370.
- Constituer la synthèse de toutes ces études.

La mise en place d'un "comité expertise hydraulique" au sein ou sur le modèle du groupe Panet permettrait un regard extérieur et contribuerait à la cohérence d'ensemble.

6.4.2 Etudes socioéconomiques liées au site

Etudes de vulnérabilité :

Expliciter la cohérence des choix d'aléas de référence au regard des différents enjeux (PPR, infrastructures, PPRT, POI).

Préciser les appréciations de la vulnérabilité des pôles chimiques par effet domino (éboulement / onde de crue / submersion des installations Seveso / accident industriel...), et éventuellement préciser les hauteurs / surfaces / vitesse / durée de submersion pour les différents scénarios.

⁵⁴ dont les conditions de déclenchement, essentielle, ne relèvent pas de la présente mission

6.4.3 Etudes et recherches méthodologiques, de portée générale

Pour l'aide à la décision, poursuivre les approches d'économie expérimentale pour tester la stabilité des hypothèses retenues dans ce rapport.

Développer une approche "économie" du droit" pour préciser les responsabilités des décideurs, dans la mise en œuvre de parades efficaces, à un coût économique adapté, face à un / des événements incertains.

Inscrire cette réflexion dans un effort méthodologique général d'approche économique des risques, à conduire par le MEDD.

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 sur les expertises géologiques et hydrauliques disponibles en 2004, 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.

La mission rappelle que ses propositions sont strictement fondées sur les expertises géologiques du collège d'experts présidé par M. Panet et sur les études hydrauliques disponibles en décembre 2004. Sur ces bases, elle estime que le risque d'éboulement de Séchilienne, tel 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. Cette action se situe dans le prolongement de ce qui a déjà été fait en application de la loi de 1995, et du plan en dix points présenté en 2004 par le préfet de l'Isère. 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. Elle devrait aux yeux de la mission porter sur les éléments ci-après.

La réalisation d'une déviation routière à l'air libre, dans le versant rive gauche de la Romanche, mettra la route à l'abri des éboulements envisageables à court ou moyen terme. Le rapport de son coût, de l'ordre de 15 M€, aux avantages qu'elle procure en matière de maintien de la liaison entre l'amont et l'aval de la vallée de la Romanche, assure sa rentabilité économique. Sa maîtrise d'ouvrage et son financement relèvent de décisions conjointes de l'Etat et du département, dans le cadre du transfert de la RN 91. **La mission recommande que les démarches nécessaires à la réalisation de cette déviation routière soient entreprises sans délai.**

La réalisation de travaux hydrauliques, ouvrages de contention aval (« casiers », renforcement des digues) d'une onde de rupture d'un barrage naturel, ou galerie évitant le remplissage d'une retenue, est nécessaire pour assurer la sécurité des personnes, notamment dans les scénarios moyens ou importants. La rentabilité strictement économique de ces ouvrages apparaît assurée, dans les limites des coûts envisagés. Elle nécessite cependant deux préalables importants :

- *la constitution d'une maîtrise d'ouvrage*, résultant de la négociation entre toutes les parties prenantes et des règles d'utilisation des fonds publics utilisables à cet effet (notamment le « fonds Barnier »)
- *la poursuite d'études techniques* sur quelques points précisément identifiés dans le rapport : achèvement des études des ouvrages de contention aval (« casiers hydrauliques » et digues) et choix d'une solution pour ces ouvrages, choix entre une galerie importante ou plusieurs galeries plus petites, forme et position de l'entonnement amont de la galerie, notamment. Les deux types d'ouvrage doivent en effet être conçus de façon cohérente, leurs effets étant complémentaires pour les scénarios suivant immédiatement le court terme.

La mission recommande que ces deux démarches préalables de constitution de maîtrise d'ouvrage et d'études hydrauliques complémentaires soient engagées sans délai.

Au vu du résultat des études techniques ainsi proposées, la décision d'engager les travaux appartiendra bien entendu au maître d'ouvrage qui aura été constitué.

Dans l'état actuel des informations et expertises disponibles, deux options se présenteront alors à ce maître d'ouvrage :

- engager la réalisation des travaux, ouvrages de contention (« casiers », digues) et galerie, dès l'achèvement des études techniques évoquées.
- attendre, pour la réalisation de la galerie, l'événement dit de « court terme » (éboulement de 3 millions de m³ de blocs, pour lequel la galerie est sans effet)

Sur la base des expertises et rapports validés disponibles en décembre 2004, et dans le cadre des hypothèses retenues et rappelées en annexe, la mission ne peut que recommander que les discussions à mener entre l'Etat et les collectivités sur la maîtrise d'ouvrage et les engagements financiers des différents partenaires soient menées dans l'hypothèse de la première option, de décision non reportée : la réalisation ferait alors suite aux études techniques nécessaires.

Un choix de décision reportée après la réalisation du scénario dit de court terme ne se justifierait aux yeux de la mission que si un nouvel avis écrit du collège d'experts sur le risque géologique apportait une sécurité suffisante quant à la stabilité du versant pendant les quelques années nécessaires aux travaux, après l'éboulement dit de court terme.

En effet, compte tenu de ce délai de quelques années nécessaire à la réalisation de la galerie après la décision de lancement des travaux, le choix de la deuxième option (option d'attente) supposerait que le risque d'un nouvel éboulement significatif après le scénario dit de court terme soit quasiment nul pendant les quelques années nécessaires aux travaux.

Rien ne permet, dans l'état actuel des rapports géologiques, de retenir une telle hypothèse.

Dans cette incertitude, le gain économique résultant d'une telle décision de report ne paraît pas justifié au regard du risque humain et économique. Un mécanisme de financement de la galerie par emprunt à long terme, correspondant à la répartition de son coût sur la période de risque statistique, permettrait par ailleurs de mieux répartir dans le temps le coût de la sécurité apportée par une décision non retardée.

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 de justification à court terme. 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 au plan national en cette matière par la communauté scientifique et ses partenaires, Etat et collectivités.

Le 8 mars 2005,

L'ingénieur général des Ponts et Chaussées

L'ingénieur général du GREF



Jean-Louis DURVILLE



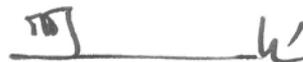
Philippe HUET

L'ingénieur général des Ponts et Chaussées

L'ingénieur général du GREF



Paul MADIER de CHAMPVERMEIL



Michel BADRE