



INTERREG III A Projet n° 179 (ex n° 046)

RiskYdrogé

“Risques hydrogéologiques en montagne : parades et surveillance »

Activité 1. Ateliers

Atelier 3 – Albertville

Partenaires et financeurs :



Région autonome Vallée d'Aoste
Assessorat du territoire,
de l'environnement et des ouvrages publics
Regione autonoma Valle d'Aosta
Assessorato del territorio,
ambiente e opere pubbliche



**CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS**



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

En collaboration avec :



**Pôle Grenoblois
Risques Naturels**



Atelier 3. Albertville 7-9 juin 2005

Exemples de risques hydrogéologiques affectant les infrastructures linéaires de la Savoie : problématique, surveillance, sécurité des usagés et protections.

Préambule

L'atelier d'Albertville, le troisième organisé dans le cadre du projet Interreg 3A RiskYdrogeo a rassemblé du 7 au 9 juin 50 participants.

Les 14 documents afférents aux présentations en salles et aux visites de terrain sont listés ; les présentations spécifiques des sites visités sont indiquées en gras.

Présentation 1. *L'évaluation du risque d'éboulement rocheux ; Quelques réflexions tirées de l'expérience ; Exemples savoyards*, L. ROCHET, ROCHET & ROCHET Consultants (**A3P1**).

Présentation 2. *Eboulement de Combelouvière (Savoie)*, L. Lorier, SAGE Ingénierie (**A3P2**).

Présentation 3. *Glissement de Combelouvière, Note de synthèse*, B. Lailly, RTM Savoie (**A3P3**).

Présentation 4. *Commune de La Léchère (73), site de Combelouvière, suivi géodésique*, J.P. Duranthon, CETE Lyon (**A3P4**).

Présentation 5. *Mouvement de versant du Siaix*, L. Effendiantz, CETE Lyon (**A3P5**).

Présentation 6. *Eboulement du Siaix, Les consignes de sécurité*, J.P. Duranthon, CETE Lyon (**A3P6**).

Présentation 7. *Apport de l'imagerie multi-sources à la compréhension de la dynamique des mouvements de versants*, J. Kasperski, CETE Lyon / Université Lyon I (**A3P7**).

Présentation 8. *Versants instables ; Corrélation débits / mouvements*, M. Livet, CETE Lyon / LRPC Clermont-Ferrand (**A3P8**).

Présentation 9. *Risque d'obstruction des cours d'eau et de débâcles brutales*, D. Laigle, Cemagref Grenoble (**A3P9**).

Présentation 10. *Les gorges de l'Arly, RN 212 – Liaison Ugine – Mégève ; Etude géologique et géomorphologique du secteur instable du tunnel des Cliets ; Données instrumentales ; Application au diagnostic de stabilité*, P. Potherat, CETE Lyon (**A3P10**).

Présentation 11. *Les systèmes de surveillance par capteurs sismiques*, F. Guyoton, Géolithe (**A3P11**).

Présentation 12. *Systèmes de détection sur le réseau ferré français*, P. Grandsert, SNCF Paris, et C. Le Pontois, SNCF Chambéry (**A3P12**).

Présentation 13. *Risques hydro-géologiques et circulation routière*, Th. Alexandre, DDE 73 (**A3P13**).

Présentation 14. *Principaux sites de grande ampleur affectant les routes départementales de Savoie*, A. Lescurier, Conseil Général 73 (**A3P14**).

Abréviations utilisées :

CG = Conseil général

DDE = Direction Départementale de l'Équipement.

CETE = Centre d'Étude Technique de l'Équipement.

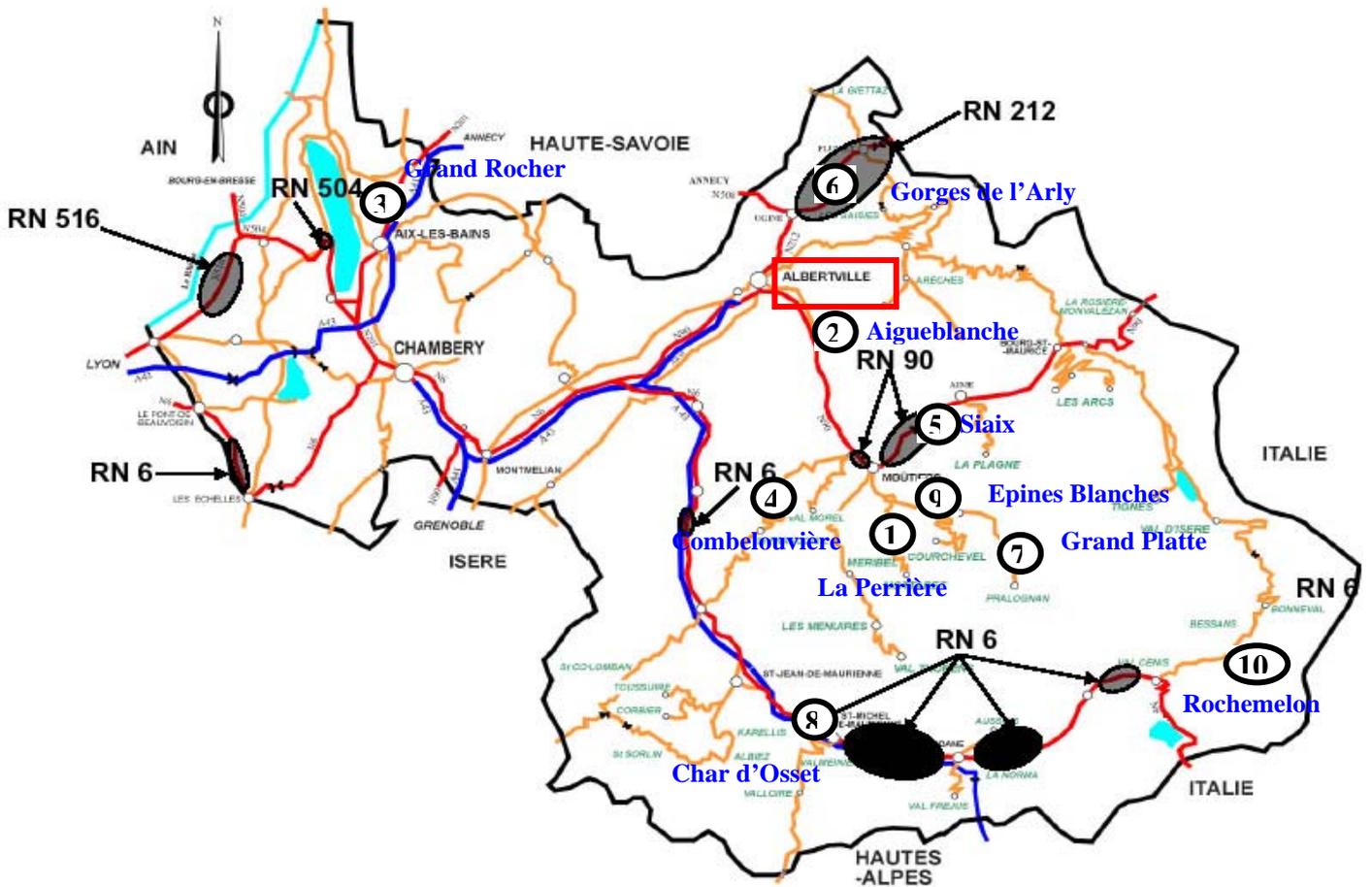


Figure 1.3. 1. Localisation de l'atelier et des sites présentés

1. Introduction

Si la totalité des présentations n'ont pas traité uniquement ce sujet, l'essentiel de l'atelier s'est concentré sur les problèmes liés aux risques rocheux le long des infrastructures linéaires, réseaux routier et ferré. La majorité des exemples traités sont situés dans le département de la Savoie, particulièrement dans les vallées de la Tarentaise, de la Maurienne et les gorges de l'Arly. (Figure 1.3. 1 et **Récapitulatif p. 9**).

2. Caractérisation du risque

2.1. Caractérisation de l'aléa

Nous parlons principalement ici des études prospectives, les études a posteriori ayant peu été abordées.

Le long d'infrastructures linéaires, la localisation et la caractérisation des zones à risque présente des contraintes particulières, du fait de l'extension des secteurs à sécuriser (**A3P1**, p.2-7). Sur les itinéraires savoyards, les secteurs exposés sont découpés en tronçons affectés chacun d'un niveau de risque (exemple du Val d'Arly, **A3P13** p.30-31).

Reconnaitances

Les reconnaissances se font beaucoup à partir de photos aériennes et de photos obliques prises d'hélicoptère. La reconnaissance détaillée des tronçons classés à risque inclut une étude géologique, géomorphologique et géomécanique (**A3P1** p.6-7, **A3P10** p.7-10) et éventuellement une auscultation complémentaire : études géophysiques (exemple de profil sismique **A3P10**, p.12, campagne sismique-électrique-sondages **A3P5**, p.7-8)), suivi du mouvement par géodésie, extensométrie... (voir paragraphe 3). L'utilisation de techniques d'imagerie multi-source est explorée pour réaliser des campagnes prospectives de détection de mouvements sur de grands linéaires (**A3P7**).

Remarque : Contrairement à ce qui se fait en Italie, les services géologiques ne sont pas spécifiquement en contact avec les professionnels de la montagne pour la détection et/ou le suivi de sites instables.

Mécanisme

La modélisation cinématique d'une instabilité rocheuse est souvent délicate car les mécanismes en jeu sont complexes (**A3P1**, p. 8). Dans le cas de Combelouvière, c'est un vaste phénomène de fauchage qui aurait été mis en évidence (**A3P2**, p.4). La compréhension du mécanisme de l'instabilité est une étape importante dans l'estimation de son évolution, avec par exemple une probable auto-stabilisation du mouvement de Combelouvière ou au contraire une évolution continue vers la rupture à la Perrière (voir paragraphes Alerte et Gestion de crise).

2.2. Enjeux

Le document **A3P13** met en avant les contraintes et les enjeux spécifiques sur les itinéraires qui desservent de nombreuses stations de ski, notamment la vallée de la Tarentaise. L'accès à la majorité des stations étant unique, la fermeture d'une route est très lourde de conséquences, en particulier en période hivernale, tant sur le plan économique que pour la gestion des flux de skieurs (3600 véhicules / jour à la montée sur l'ensemble de la vallée). Les enjeux sur cette vallée se sont

vus décuplés en 1992, à l'occasion des Jeux Olympiques d'hiver d'Albertville ; de nombreux aménagements de sécurisation et de fluidification du trafic routier datent de cette période.

Dans la vallée de la Maurienne, les transports de marchandises via le tunnel du Fréjus, par la route et par le rail, représentent des enjeux majeurs.

3. Surveillance

De nombreux cas présentés lors de l'atelier ont été ou sont encore instrumentés à des fins de suivi des mouvements et/ou de détection d'événement. Les principaux types d'instrumentation exposés sont (voir aussi Inventaire des Méthodes et Instrumentation) :

Pour le suivi de mouvement :

- les extensomètres et fissuromètres, à mesure manuelle ou automatique : capteurs extensométriques du Siaix et du Char d'Osset, reliés au centre de gestion du trafic routier OSIRIS (respectivement **A3P5**, p.8-9 et **A3P14**, p.14-19) ou de la Perrière, relié à un terminal de mesure à la mairie, **A3P1** p.14) ;
- les repères géodésiques, à mesure ponctuelle (Combelouvière en début de crise, Arly, tunnel des Cliets) ou continue par une station de mesure automatique : celle de Combelouvière est opérationnelle depuis 1998 (**A3P4**), avec un terminal de site qui enregistre sur place les cycles de mesures et les envoie au centre d'exploitation de Lyon par réseau commuté ;
- le scanner laser (TLS ou LIDAR) : cette nouvelle méthode permet une couverture spatiale et temporelle des mouvements, avec obtention des champs de déplacements ; l'intérêt est d'accéder à la compréhension des mécanismes d'instabilité pour les versants reconnus instables (1^{ère} acquisition de mesures réalisée sur le site du tunnel des Cliets (**A3P7**), prochaine prévue dans l'été 2005).

Pour la détection :

- les filets détecteurs, largement utilisés par la SNCF sur son réseau ferré (**A3P12**) : principe du tout ou rien, une alarme est déclenchée lorsqu'un bloc traverse un filet ; les problèmes de maintenance sont liés à la longueur des filets, qui rendent difficile la localisation du point de rupture ; les filets SNCF sont pour cela en cours de fractionnement par tronçons ; le pourcentage de déclenchement intempestif est de l'ordre de 20% ;
- les capteurs sismiques (**A3P11**) : un réseau de géophones enregistre en continue le bruit de fond et en particulier les ondes sismiques provoquées par des impacts de blocs rocheux ; la difficulté consiste à placer le seuil d'alerte (voir paragraphe suivant) et à discriminer les signaux parasites ; un tel système est actuellement utilisé à Rochaille (**A3P11**, p.7-8), en Savoie sur le site de Grande Platte (**A3P14**, p.2-12) et de nouveaux essais sont actuellement en cours pour la SNCF, où la discrimination des bruits de passage de train pose encore problème.

Pour les glissements de terrain, les études de corrélation entre débit d'un cours d'eau en pied de pente et mouvements semblent permettre d'affiner les résultats piézométriques classiques, dans le but de prévoir le déclenchement des mouvements (**A3P8**) ; dans la configuration géologique étudiée, typique du Centre et du bassin parisien, elles pourraient lever des incertitudes dans la frange où une même valeur piézométrique donne plusieurs réponses en déplacements.

Remarque : Les présentations ont montré la quantité importante de données acquises dans le cadre de la surveillance des sites instables en Savoie. Leur utilisation est pour l'instant limitée à la gestion du risque, alors qu'elle pourrait être étendue notamment à la recherche. Il est souligné le caractère Fiche pilotée par PGRN

sensible, voire confidentiel, de ces données sur certains sites à fort enjeu ; si le CG 73 ne s'oppose pas à leur utilisation à fin scientifique, dans un contexte bien défini, a priori une fois la crise passée, il faut noter que c'est toujours le propriétaire des données instrumentales qui décide si celles-ci peuvent être diffusées.

Seuils d'alerte

Dans certains cas, le seuil d'alerte est fixé par avance et les procédures de sécurité sont enclenchées automatiquement. C'est cas des filets détecteurs, dont le seuil est directement la rupture d'un élément de filet (**A3P12**), ou des capteurs sismiques, dont le seuil est établi après une période d'observation, indépendamment pour chaque capteur d'un même site en fonction du niveau de bruit de son entourage (**A3P11**).

Dans d'autres cas c'est l'accélération des déplacements observés (rupture de pente sur une courbe) qui alerte les géologues et les responsables, qui prennent les décisions en fonction de l'évolution du phénomène (**A3P14** p.25).

Les exemples ci-dessous illustrent bien la variabilité des seuils d'alerte possible :

- Sur le site de Combelouvière (**A3P2**), les vitesses de déplacements sont passées de négligeable à 1,5-2mm/j en oct.97 (décision de fermeture de la route), puis 15-30mm/j début nov. (1^{er} éboulement le 10/11) et jusqu'à 500-600 mm/j en déc. (dernier éboulement le 20/12) ;
- Pour l'Eperon de la Becqua (La Perrière) (**A3P1**, p.14), les vitesses d'ouverture des fractures passent de 4 mm/an en 1975-80 à 35mm/an en 1996-98 et le seuil de vigilance alors défini de 1mm/j est dépassé le 01/03/1999 ; le seuil d'alarme pour la procédure d'évacuation est fixé à 10mm/j ; la veille de la rupture la vitesse dépasse 40mm/j ;
- Pour le mouvement du Siaix (**A3P6**), le seuil de préalerte est défini à 5mm/j pour au moins un des capteurs, le seuil d'alerte à 7 mm/j pour les 4 capteurs simultanément.

La difficulté d'établir ces seuils d'alerte et de proposer une réponse appropriée est un des points essentiels de la problématique de gestion du risque.

4. Gestion du risque

4.1. Gestion de crise

Face à l'occurrence d'un événement de risque rocheux, plusieurs approches sont mises en œuvre en Savoie, fonction du caractère prévisible ou non du phénomène, de l'existence ou non d'une surveillance du site et du type de surveillance.

- Pour des sites surveillés, où les seuils d'alerte (d'alarme) sont prédéfinis, la procédure de gestion de crise peut, elle-aussi, être prédéfinie et s'enclencher automatiquement dès le dépassement du seuil. C'est le cas sur le site du Siaix (**A3P6**, description de la procédure p.1-2) ou de la Rochaille (**A3P11**, description de la procédure p.8).
- Pour des sites surveillés à évolution lente, lorsque la procédure n'est pas pré-établie, l'accélération des mouvements peut engendrer la constitution d'une cellule de crise, incluant des géologues, experts techniques (CETE, bureaux d'étude, DDE, CG) et autorités chargées de la sécurité (élus de commune, préfecture, gendarmerie). A La Perrière, l'existence de courbes de mesures sur plusieurs années a permis de tester différents modèles de prévision de la rupture (**A3P1**, p.14-18) : les prévisions sont réalisées par les experts mais les décisions qui en découlent sont prises en concertation au sein de la cellule, soit l'évacuation de la population exposée dans ce cas (durée de la crise 24 jours). A Combelouvière la cellule de crise (**A3P3**, p.3) a été amenée à envisager différents scénarios d'évolution du risque (paragraphe suivant).

- Lorsque le phénomène naturel se produit de façon imprévue, les services techniques doivent réagir au plus vite, comme dans le cas de l'éboulement du tunnel des Cliets : dégagement des voies de circulation, évaluation des risques résiduels, travaux de sécurisation, réouverture des voies de circulation (**A3P10**).

4.2. Scénarios

Sur le site de Combelouvière des scénarios de formation d'un barrage de l'Eau Rousse avec risque de rupture brutale ont été envisagés (**A3P3**, p.3-4).

La prise en compte de ce risque d'obstruction des cours d'eau avec débâcle brutale se base sur des cas connus (**A3P9**, p.1-4). Les mesures de réduction du risque sont limitées (**A3P9**, p.6) ; on peut avoir recours à des études de propagation de l'onde de rupture pour affiner les scénarios à l'ava, mais celles-ci sont dépendantes, d'une part d'hypothèses sur l'hydrogramme de rupture (**A3P9**, p.7-20), d'autre part de données topographiques précises, non forcément disponibles en temps de gestion de crise.

4.3. Mesures de protection

Le long des infrastructures linéaires, les mesures de protection permettent de sécuriser les itinéraires face aux événements courants (chutes de pierres, de blocs), la première préoccupation étant d'éviter le « coup au but », l'impact direct d'un bloc sur un véhicule.

Les différentes parades mises en place sur les sites ont été brièvement présentées. On ne retiendra ici que les points marquants ayant donné lieu à discussion. Pour le détail voir Activité 5 Parades

Site du Siaix (**A3P5**) :

- les drains profonds (Parade 14) réalisés en pied de pente n'ont jamais rendu beaucoup d'eau, mais leur mise en place correspond à un ralentissement des mouvements ;
- système de tranchées (non étanches : ?) en haut de pente pour dévier l'eau superficielle en dehors de site instable + couverture en tôles des fractures les plus larges pour limiter les infiltrations d'eau.

Filets haute capacité : l'expérience prouve leur efficacité face à des blocs isolés jusqu'à 8-10 m³ ; par contre ils sont couchés par un éboulement en masse (**A3P14**, p.10). Ils sont également pliés par la chute d'un bloc au droit d'un poteau : on peut recommander le doublage systématique des haubans. La fréquence de surveillance de ces filets est liée à leur accessibilité et aux qualités « tout terrain » des agents de maintenance. Le CG tente de mettre en place un système de surveillance tous les 2 ans ; la SNCF planifie une visite annuelle de tous ses ouvrages. (Parade 3)

4.4. Sécurité des usagers

Lorsque les mesures de protection sont inadaptées (phénomène trop conséquent, pas d'emprise au sol pour implanter les protections), il faut réguler le trafic en fonction de l'occurrence d'un événement. A la Rochaille (**A3P11** p.8) ou à Grande Platte (**A3P14**, p.4-12) une chute de pierre déclenche automatiquement, via le système de surveillance et d'alerte, le fonctionnement de feux tricolores et d'une barrière de fermeture de la route. Au Siaix (**A3P6**) et au Char d'Osset (**A3P14**, p.14-19) un tel système est aussi en place, relié en plus au centre de gestion du trafic routier OSIRIS, installé à Albertville. Ce centre, qui gère le trafic sur tout le département de la Savoie, a mis en place des systèmes particuliers de régulation dans la vallée de la Tarentaise, différents les jours de circulation classique et les week-end de fort trafic hivernal : la fermeture d'une route, suite à un éboulement ou un autre phénomène naturel, enclenche le système RECITA (Régulation de la Circulation en Tarentaise, **A3P13** p.19-20) avec des feux tricolores et une information sur la

situation très loin en amont et en aval de la zone bloquée. La priorité est de pouvoir stocker les véhicules en attente dans des secteurs sécurisés, hors des tunnels.

Une procédure d'exploitation de la RN212 existe également dans les gorges de l'Arly (**A3P13**, p.32), avec patrouilles régulières de la DDE, consignes à suivre en cas d'événement. Sur cet itinéraire les risques hydrogéologiques conduisent régulièrement à la fermeture temporaire de la route (420 jours sur 5 ans) ; fermeture provisoire également à Grand Platte, aux Epines Blanches.

Les risques résiduels jugés trop importants ont conduit à Combelouvière à la fermeture définitive de la route reliant Celliers à Valmorel.

Pour la sécurité des zones habitées, les autorités peuvent avoir recours à l'évacuation (éboulement d'Aigueblanche, **A3P1** p.3-5). Le cas de la Perrière illustre à la fois l'anticipation du risque nécessaire à cette mise en œuvre et la difficulté de maintenir la procédure d'évacuation lorsque la crise semble s'atténuer mais n'est pas à son terme (**A3P1**, p.14-18).

Atelier 3. Récapitulatif des sites d'instabilités rocheuses présentés et de leurs principales caractéristiques

Site : les sites visités lors de l'atelier sont indiqués en gras ;

Localisation : Département et commune ; Pour les sites savoyards, le numéro entouré renvoi à la localisation sur la Figure1.3. 1.

Codes de département utilisés : 05 Alpes de Haute Provence, 63 Puy de Dôme, 73 Savoie

Abréviations utilisées : RD : route départementale ébt. : éboulement

CD : chemin départemental

Site	Localisation	Enjeu	Evènement	Surveillance	Alerte	Sécurité des usagers	Protection
Eperon de la Becqua, La Perrière A3P1 (p. 8-9, 14-18)	73, La Perrière ①	Hameau de St Jean	Eboulement de 3000 m ³ le 24/03/1999	Depuis 1975, 2 capteurs déplacements, terminal de mesures à la mairie	Seuil de vigilance = 1mm/j dépassé le 01/03 => cellule de crise ; modèle de divergence prédictif > seuil d'alerte = 10mm/j sous 48h prévu le 10/03	Evacuation du hameau, du 10 au 26/03	Minage de l'éperon prévu, s non réalisé du fait de l'accélération des vitesses de déplacements. Purge de la cicatrice après éboulement.
Aigue-blanche A3P1 (p.3-5)	73, Aigue-blanche, ②	RN 90 + voie ferrée	Eboulement de 15 000 m ³ le 01/05/1977	-	Indices précurseurs, dans le ¼ h précédent l'ébt. : chutes de blocs, craquements.	Evacuation d'habitations + fermeture RN 90	
Le Grand Rocher A3P1 (p.7)	73, lac du Bourget rive nord ③	voie ferrée Culoz-Aix les Bains	Non réalisé. Pan de falaise instable 2000 m ³	-	-		Confortement en béton armé ancré H=27m, L=25m
Comblouvière A3P2, A3P3, A3P4	73 Celliers (La Léchère); rive droite de l'Eau Rousse ④	route Celliers-Valmorel (accès station de ski) ; risque d'inondation de la vallée de l'Isère.	3 éboulements de 15-20 000 m ³ les 10, 12 et 17/11/1997 + 60 000 m ³ le 16/12/97; versant toujours en évolution.	Fissuromètres manuels depuis début 97 ; Suivi topographique manuel, fréquence hebdomadaire puis quotidienne ; station de télémessure installée en mai 98, toujours active : 23 repères, terminal sur site, transmission au centre d'exploitation à Lyon.	Déplacements = 1,5-2 mm/j => fermeture route + surveillance topo. Accélération 50 mm/j => réunion de crise, scénarios de création d'un barrage avec risque de rupture envisagés ; situation de crise levée en avril 98.	Fermeture définitive de la route Celliers-Valmorel	Plage de dépôt envisagée, non réalisée du fait de la stabilisation du mouvement.

Site	Localisation	Enjeu	Evènement	Surveillance	Alerte	Sécurité des usagers	Protection
Siaix A3P5, A3 P6	73, Centron, ⑤	RD 90+ voie ferrée Culoz-B ^{rg} S ^t Maurice = accès stations de Tarentaise (1992 = J.O. d'hiver)	Eboulements sporadiques ; 7-16/02/1992 éb.ts qq 10 m ³	1988-92 : 21 repère mesurés 2x/an. Depuis 92, 4 capteurs extensométriques et 2 détecteurs de mouvements, suivi automatique transmis au terminal OSIRIS d'Albertville	Protocoles d'alerte confiés au terminal OSIRIS et à la DDE d'Aime pour v>7mm/j et v>10mm/j	Régulation de circulation : feux tricolores et signalisation sur RN90	Ecran grillagé, filet ASM et filet ASM plaqué, merlon en gabion + drainage profond
Gorges de l'Arly, tunnel des Cliets A3P10, A3 P7 (p5-6), A3P13 (p. 28-33)	73, RD 212, PR 9 + 300, rive gauche de l'Arly, ⑥	RD 212, accès stations su Val d'Arly	Eboulements fréquents dont 1500 m ³ en dec. 1996 et le 8-10-2003	Géodésie (1997 : 16 repères, périodicité mensuelles depuis sept.2004), extensométrie (5 bases), scanner laser (état zéro 12/2004).	-	Consignes d'exploitation en cas de chutes de blocs constatées (fermeture de la route).	Minage, grillage plaqué et filet ASM classe 6.
Grande Platte A3P14 (p. 4-12)	73, Le Villard (Champagny en Vanoise) ⑦	RD91b et du village Villard	Chutes de blocs depuis 1994 ; Eboulements 2000m ³ 03/2001, 3000 m ³ 04/2001	2 capteurs déplacements (1995) ; Grillages avertisseurs, rétablis après les ébt de 2001.	-	Feux tricolores déclenchés par grillages avertisseurs	Ecrans (1994), merlon (1995), ASM plaqué + écrans 3000KJ (1999) couchés par ébt 2001 ; galerie pare-blocs 300 ml (2004)
Pointe du Char d'Osset A3P14 (p. 14-19)	73, Villard-Clément (St Julien Montdenis) ⑧	RD79A	Eboulement de 30 000 m ³ le 05/03/2003 ; éboulement en masse potentiel.	5 extensomètres (01/2003) 4 capteurs sismiques + radar Döpler (04/2003)	Extensomètres reliés à OSIRIS ; Seuil d'alerte défini sur capteurs simiques.	2 couples de feux tricolores, déclenchés par les capteurs sismiques et/ou le centre OSIRIS	Ecrans haute capacité ; piste de secours pour l'accès à en cas de fermeture RD79A
Les Epines Blanches A3P14 (p.20-32)	73, Brides-les-Bains ⑨	RD90, RD915, camping de Brides	Eboulements depuis 1988, 1000-8000 m ³ , masse potentiel-ement instable 120 000 m ³ .	Géodésie, 14 repères (1997) Inclinomètres profonds + piézomètres + pluviomètres (2000) 3 extensomètres	Procédure d'alerte en 3 stades en fonction de seuils d'accélération des mouvements (recours au géologue)	Fermeture des RD sur décision du géologue	Grillage (1988) Ecran pare-bloc (2000) Ecrans 2000KJ (2001) ; Reprofilage du talus avec tirants, 60 000 m ³ .

Site	Localisation	Enjeu	Evènement	Surveillance	Alerte	Sécurité des usagers	Protection
Rochemelon A3P9 (p. 10-20)	73, Bessans, vallée du Ribon ⑩	Village de Bessan à l'amont de la confluence Isère - Ribon	Création d'un lac supraglaciaire de 650 000 m ³ ; niveau de sur-verse presque atteint en sept. 2004.	Etude prospective de la propagation de l'onde en cas de rupture dans la vallée du Ribon.	- 2 scénarios d'hydrogramme de rupture considérés.	-	Siphonage
Sallèdes A3P8	63, Sallèdes (proche Clermont-Ferrand)	Endommagement du CD310.	Glissements superficiels (prof. 6-7m) dans des colluvions de pente.	Depuis 1978, instrumentation hydro-géologique complète (pièzo., inclino ...) =>prévision piézométrique + étude des corrélations débits/mouvement.	- Mouvements constatés si la nappe atteint -1m à -2 m / terrain naturel.	-	Rupture forcée du versant par réalisation d'un remblai de surcharge.
La Rochaille A3P11	05, RD 900	RD900 Passage Barcelonnette - Italie par col de Larche	Chute de blocs et éboulements réguliers depuis 2001	En continu par 12 capteurs sismiques +2 filets de détection électromécanique ; Bases d'acquisition permanente autoalimentées, liaison par fibre optique	Seuil d'alerte puis d'alarme, adapté pour chaque capteur => fermeture automatique de la route par feux tricolores + barrière ; levée automatique de l'alarme si les blocs n'atteignent pas la route.	-	-