

SCENARIOS D'EVOLUTION DU VERSANT DES RUINES DE SECHILLENNE



Rapport du Collège d'experts

Marc Panet, président

Christophe Bonnard, Gérard Degoutte, Pierre Desvarreux, Jean-Louis Durville, Louis Rochet

Janvier 2009

1 – INTRODUCTION

1.1 Rappel historique

Les études historiques font mention d'éboulements à plusieurs reprises au cours des siècles dans la vallée de la Romanche, au lieu-dit « les Ruines », cependant aucun événement majeur, causant un barrage de la vallée, ne s'est produit, comme cela était arrivé à la fin du XII^{ème} siècle à l'aval de Bourg-d'Oisans¹.

Après une recrudescence de chutes de blocs sur la route nationale en 1984-85, il a été rapidement établi que les déformations ne se limitaient pas à la falaise rocheuse des Ruines, phénomène courant dans les vallées alpines, mais qu'une bonne partie du versant du Mont Sec était en cours de déformation.

Depuis lors, de nombreuses chutes de blocs et des éboulements mineurs ont eu lieu, alimentant le cône d'éboulis. L'événement le plus important depuis la mise sous observation du site en 1985 est l'éboulement d'une trentaine de milliers de m³ en novembre 2006.

1.2 La mission du Collège d'experts

En réponse à de nombreuses questions posées par les autorités régionales et locales face au comportement futur de la masse rocheuse instable dans le secteur des Ruines de Séchilienne, le Collège d'experts, mandaté depuis plusieurs années par la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, aujourd'hui Direction Générale de la Prévention des Risques, pour suivre le phénomène en cause, a pensé opportun de réexaminer, à la lumière de plus de vingt années d'observation et de mesures, les scénarios possibles d'évolution du versant, dans le cadre des hypothèses aujourd'hui considérées comme les plus plausibles.

Il convient de relever d'emblée que, si les données de mouvements relatives au comportement du versant sont très abondantes et permettent une bonne évaluation des tendances d'évolution présentes des mouvements de surface, les observations en profondeur dans le massif sont peu nombreuses et incomplètes ; de plus, les données relatives aux conditions hydrogéologiques qui seraient susceptibles de fournir des informations sur les causes et les mécanismes de déformation du versant sont pratiquement inexistantes, de sorte qu'il n'est pas possible d'utiliser des outils de prédiction temporelle, qui de toute façon ne peuvent prétendre au long terme.

Dans les circonstances présentes, la démarche la plus appropriée consiste à établir plusieurs scénarios de développement du ou des mécanismes d'instabilité, se fondant tant sur l'évolution cinématique possible des mouvements de masses que sur les conditions géologiques dans le versant, et de classer ces scénarios selon leur vraisemblance et leur échéance probable.

¹ Un barrage naturel sur la Romanche s'était formé à Livet et Gavet (en amont de Séchilienne) et inondait la plaine de l'Oisans. Ce barrage résultait des apports périodiques du cône de déjection de la Petite Vaudaine (affluent rive droite) surélevé d'une quinzaine de mètres en 1191 par une crue plus exceptionnelle de la Petite Vaudaine, conjuguée à une crue de l'Infernet sur le versant opposé. Ce barrage s'était rompu en 1219. Les mécanismes susceptibles d'intervenir à Séchilienne sont d'une toute autre nature.

Cette démarche d'analyse a déjà été pratiquée dans le cadre des premiers rapports d'expertise de 2000 et 2003, et s'est affinée par la suite, sans changer fondamentalement de cadre de référence.

1.3 Rappel des conclusions des rapports d'expertise de 2000 et 2003

Le Collège international d'experts, présidé par Marc Panet, proposait en 2000 plusieurs scénarios résumés ci-dessous :

1/ Scénarios envisageables à court terme

Le plus évident est la poursuite des évolutions passées : chutes de blocs et éboulements de quelques centaines à quelques milliers de mètres cubes (échéance : très court terme et court terme, soit inférieur à 10 ans). L'éboulement de l'ensemble de la zone frontale dont le volume est estimé à un peu moins de trois millions de m³, est également envisageable à court terme.

2/ Scénarios possibles à moyen et long terme

Il est très improbable à court terme (inférieur à 10 ans) et peu probable à moyen terme (10 à 50 ans) que des éboulements de 20-25 millions de mètres cubes se produisent. Mais on ne peut exclure l'occurrence d'éboulements de plusieurs millions de mètres cubes.

En 2003, le Collège d'experts a examiné plus en détail les scénarios de court terme, et a conclu que le déroulement le plus probable était polyphasé, c'est-à-dire en de nombreux épisodes de volume réduit. Selon les hypothèses de phasage, l'étalement des matériaux est plus ou moins important ; les nombreuses analyses de propagation prévisible des masses instables ont permis de préciser de façon assez fiable l'impact d'un éboulement dans la vallée de la Romanche et ses conséquences possibles sur les voies de communication et les activités qui s'y déroulent. Dans tous les cas, des chutes de blocs et éboulements secondaires sont à prévoir après un premier éboulement important.

Depuis 2003, le Collège d'experts présente chaque année un rapport qui, au vu du compte-rendu annuel de surveillance fourni par le Cete de Lyon, apprécie les évolutions de l'aléa et formule des recommandations. Les rapports 2004 à 2008 ont conservé dans leurs grandes lignes les conclusions générales des rapports d'expertise 2000 et 2003 cités plus haut.

2 – LES DONNEES SUR LE COMPORTEMENT DU VERSANT

2.1 Les reconnaissances et le dispositif d'auscultation et de surveillance

Le massif des Ruines de Séchilienne a fait l'objet d'investigations nombreuses, à caractère opérationnel ou de recherche, depuis qu'il a attiré l'attention des pouvoirs publics. Outre les levés géologiques de terrain et la photo-interprétation, une galerie de reconnaissance de 240 m a été creusée dans les années quatre-vingt-dix.

Pour compléter ces informations, un programme de reconnaissance est en cours de réalisation, comprenant des campagnes de géophysique (2008) et des sondages (2009).

Le dispositif d'auscultation et de surveillance comprend aujourd'hui essentiellement :

- des extensomètres à fil tendu, disposés au travers de fractures, avec télétransmission,
- des mesures de distance réalisées depuis la cabine de Montfalcon, avec télétransmission,
- une station pluviométrique et nivométrique au Mont Sec, avec télétransmission,
- des mesures géodésiques de surface réalisées annuellement (ainsi que dans la galerie de reconnaissance).

2.2 Le zonage du versant et le comportement de chacune des zones

La zone frontale

Aussi bien les observations de terrain que les dispositifs de mesure montrent que le phénomène est très actif dans une zone de forme losangique, dite zone frontale, contenue dans un rectangle 250 x 300 m (voir figure 1). Ses limites nord-est et sud-est sont claires et bien marquées ; elles le sont un peu moins au nord-ouest et au sud-ouest, mais les extensomètres et les repères géodésiques permettent quand même de délimiter la zone frontale avec une incertitude qui ne remet pas en cause l'évaluation faite en 2000 de son volume, environ 3 millions de m³. Les dernières investigations géophysiques semblent également confirmer ces estimations de volume.

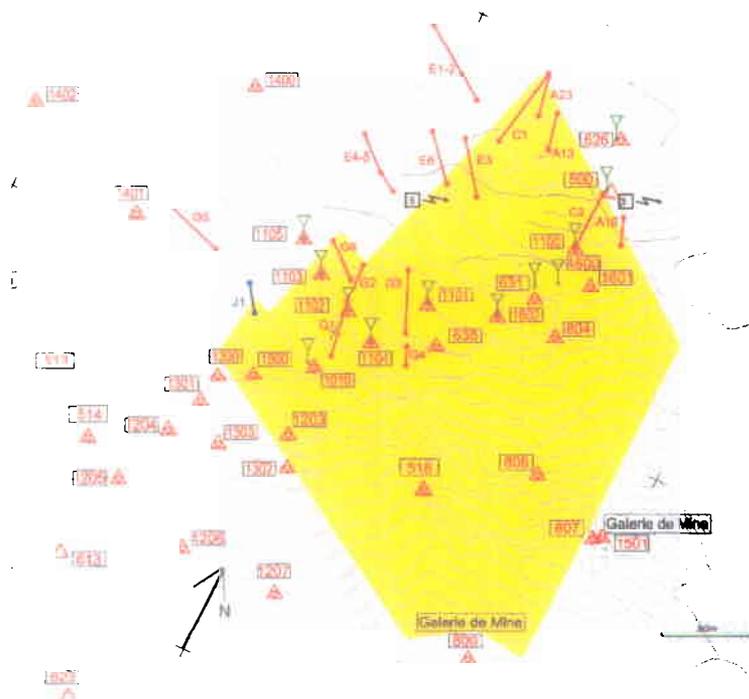


Figure 1. La zone frontale et son instrumentation
Traits avec lettre et chiffre : extensomètres à fil tendu
Numéros encadrés et triangles : repères pour mesures de distance et/ou de géodésie
Carrés avec éclaircies : balises de transmission

La figure 2 présente le déplacement (en xyz) en 2007 de quelques cibles situées à peu près sur une transversale à la zone frontale (suivant un axe SW-NE) ; l'échelle des distances entre points sur le graphique n'est qu'approximativement respectée. La zone frontale va de la cible 1010 à la cible 1601 (cette zone est elle-même plus active dans sa partie orientale que dans sa

partie occidentale). Vers le sud-ouest, les deux cibles 1500 et 1203 sont sensiblement plus calmes; plus à l'ouest, les déplacements sont d'un ordre de grandeur en dessous de ceux des cibles les plus actives.

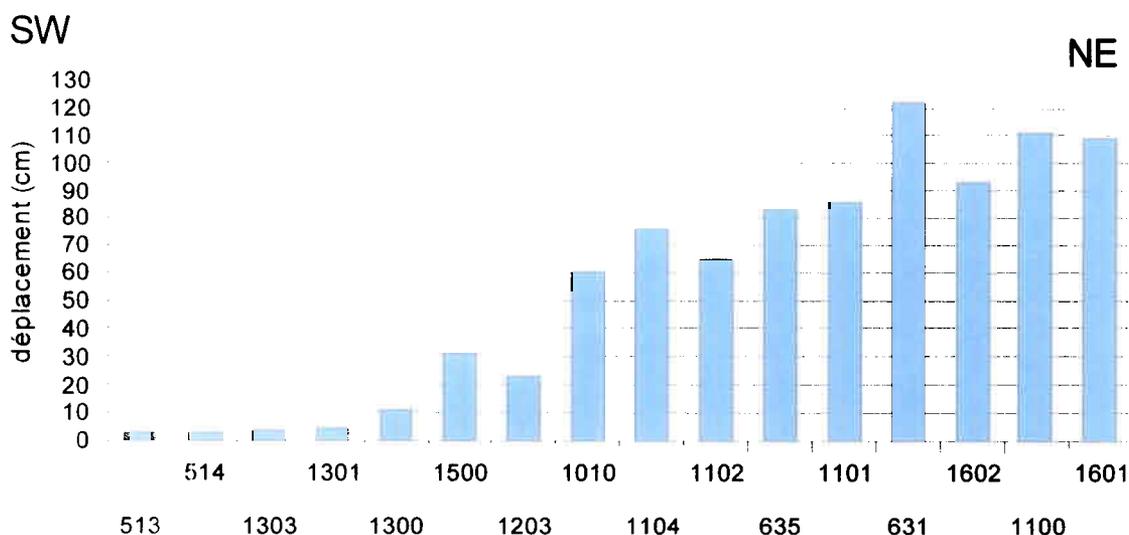


Figure 2. Déplacement en 2007 de quelques cibles de la zone frontale, suivant une transversale SW-NE (d'après les données du Cete de Lyon)

La zone d'extension de la zone frontale

Ces dernières années ont vu se développer des fractures en bordure ouest de la zone frontale concernant une zone de 50 à 80 m (extensomètres G2 et G6-G6b, notamment). Par ailleurs, des mouvements significatifs, à vitesse quasi-constante, sont enregistrés dans une zone de près de 200 m de large vers le nord-ouest.

La zone au NNO de la zone frontale (entre la zone frontale et le Mont Sec)

Les mouvements dans cette zone, de un à quelques cm par an, ne semblent pas subir d'accélération (cibles 501, 502, 503, 510, 1001, 1004, etc.).

La périphérie ouest et sud

Dans toute cette partie du versant, les mouvements sont très faibles, de l'ordre de 1 à 2 cm par année (cibles 508, 516, 607, 623, 1007, etc.), voire inférieurs à l'incertitude de mesure ou proches de celle-ci.

2.3 Les relations entre les mouvements et les précipitations

Dès les premières années où une instrumentation a permis de quantifier les mouvements, il est apparu que ceux-ci étaient sensibles aux apports hydriques dans le versant, que ce soit sous forme de pluie ou de neige fondue. En fait, ce sont les seuls capteurs dans la zone frontale (et, ces dernières années, sur sa bordure) qui manifestent ce comportement, bien visible sur les courbes extensométriques ou tachymétriques par les fluctuations saisonnières (secteurs des balises 3 et 5) ; les autres points de mesure (secteurs des balises 1, 2 et 4) ont des évolutions quasi-linéaires, avec des variations saisonnières non visibles ou à peine mesurables (repères

513, 514, 1004). La figure 3 présente par exemple l'évolution des mesures de distance infra-rouge sur le repère 1004, déduction faite de l'évolution linéaire, depuis le 01/01/2006 : on y décèle des fluctuations sans lien avec les saisons.

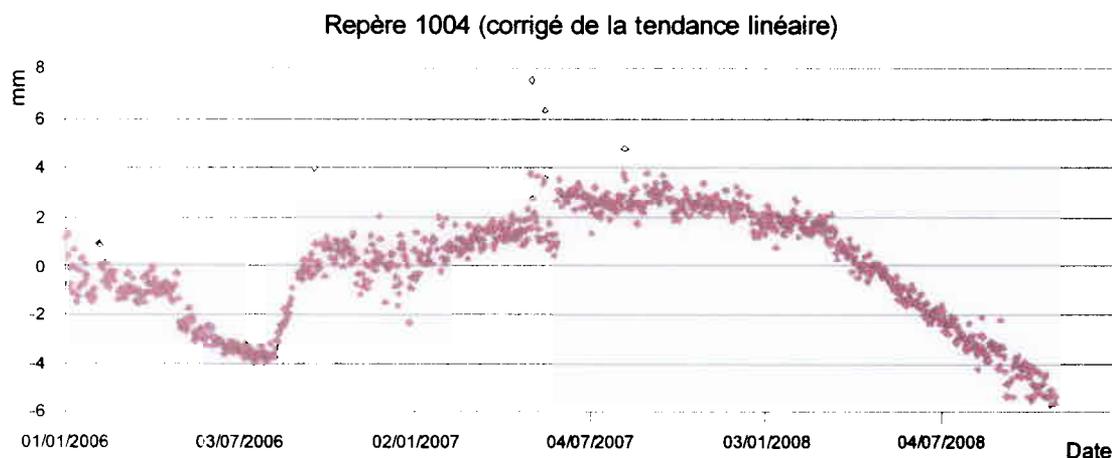


Figure 3 : Mesures quotidiennes de distance infra-rouge vers le repère 1004, corrigées de la tendance linéaire, évaluée à $-0,128 \text{ mm/j}$ (les raccourcissements sont notés négativement)

En l'absence de connaissances précises sur l'hydrogéologie du versant, où l'eau circule dans les fractures du massif rocheux, de nombreuses études empiriques ont été menées pour corréliser les mouvements de la zone frontale aux apports hydriques : modèles purement statistiques, modèles avec boîte noire ou grise (rôle de l'évapotranspiration, du drainage du massif en période sèche).

Il est établi en tout cas que l'eau qui s'infiltré exerce des pressions qui produisent une accélération du mouvement de la zone frontale, avec un effet mémoire de quelques jours à quelques mois.

La réaction aux précipitations peut être très rapide, en un ou deux jours, pour certains points de la zone frontale (figure 4).

D'autre part, on observe un effet « mémoire », qui traduit l'influence prolongée d'un apport d'eau important ; selon la nature des analyses statistiques, sa durée peut varier de 4 à 9 mois.

De façon globale, on constate que la sensibilité de la zone frontale aux précipitations a significativement augmenté depuis 2000. Ceci est bien visible quand on considère les rapports $\frac{\text{déplacement annuel}}{\text{précipitation annuelle}}$. Par exemple, pour le repère 631, le plus rapide, ce rapport est passé progressivement de 450 mm/m en l'an 2000 à 1000 mm/m en 2007 (années calendaires). Pour le repère 1010, moins rapide, le rapport est passé de 200 mm/m à 500 mm/m. En revanche, cette augmentation n'est pas perceptible dans les zones périphériques ouest et sud.

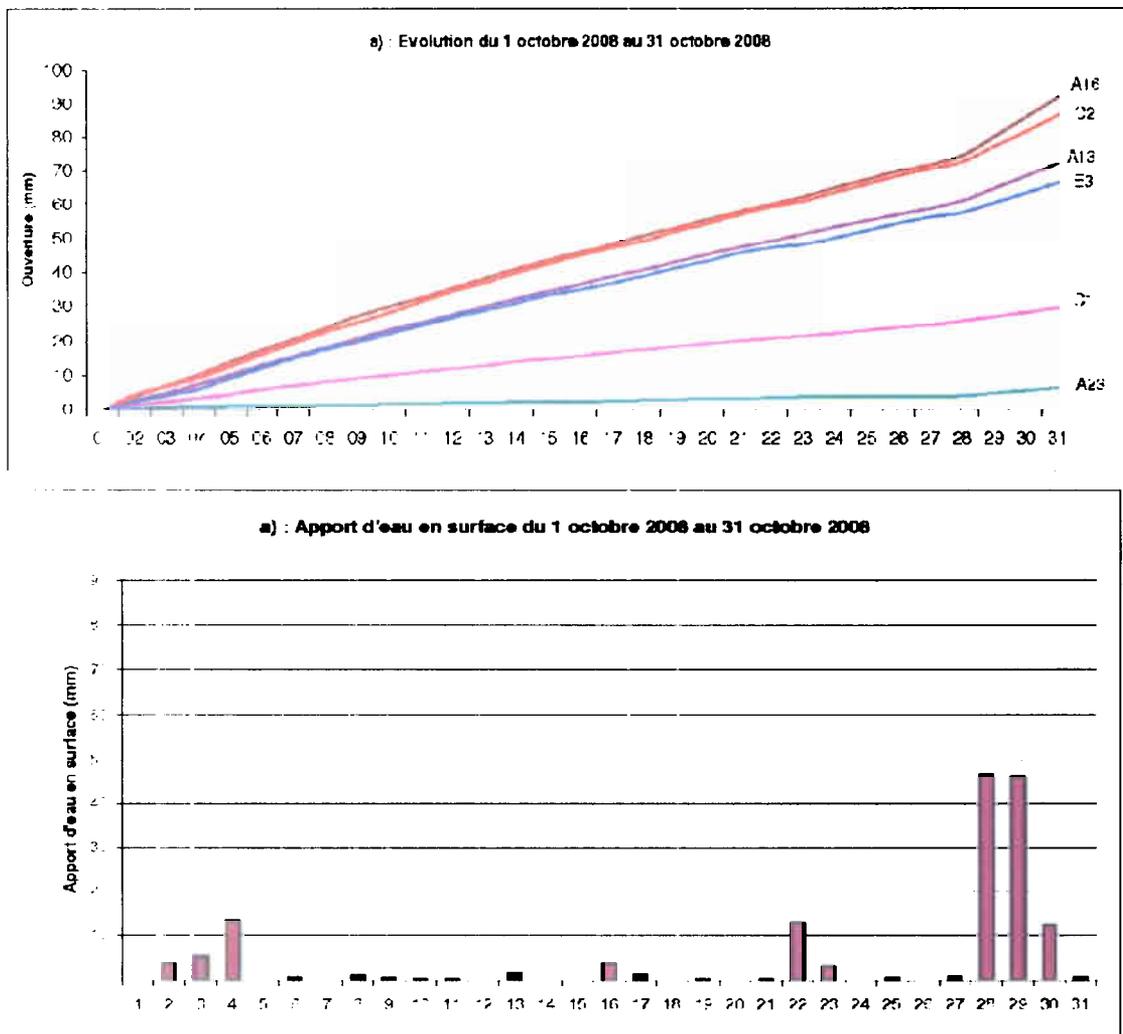


Figure 4. Ouverture de fractures de la zone frontale, en relation avec les précipitations journalières. Données du Cete de Lyon.

3 – LES MECANISMES D'EVOLUTION DU VERSANT

Le développement de scénarios d'éboulement tient essentiellement compte de la structure géologique du massif dans le versant de Séchilienne, des systèmes de failles et de fractures, de la nature des matériaux rencontrés, tant dans la masse rocheuse fracturée que dans les remplissages de failles, et des conditions d'eau souterraine. Cette structure géologique est relativement bien connue, suite aux études de terrain et de photo-interprétation, et aux observations effectuées dans la galerie de reconnaissance ou dans les galeries anciennes. Sans entrer dans le détail, on peut dire que la terrain est très fracturé et qu'une altération s'est développée le long de certaines fractures assez profondément, ce qui confère à ce massif rocheux des caractéristiques mécaniques d'ensemble plutôt médiocres.

Le mécanisme de déformation du versant est complexe. Ce n'est pas un mécanisme de glissement, plan ou dièdre, comme le révèle l'inclinaison des vecteurs-déplacements (qui devrait être quasi-constante d'un repère à l'autre, dans le cas d'un tel glissement). Le mode de déformation consiste, dans les grandes lignes, en un basculement de lanières orientées N 60°, s'enracinant vers l'ouest, et en un affaissement de la zone sommitale par effet de coin.

Les scénarios d'éboulements envisageables tiennent aussi compte de la cinématique des mouvements, et notamment :

- de la zonation des vitesses, qui permet de différencier la « zone frontale », nettement plus rapide que le reste du versant ;
- de l'amplitude très variable des déplacements au sein de la zone frontale (20 à 120 cm/an actuellement) ;
- de l'évolution très progressive des déplacements au cours des mois et des années passées. Il est en effet remarquable que la courbe d'évolution des mouvements à long terme (on dispose de mesures sur plus de 23 ans) montre une croissance très régulière, sans épisodes de crise marquants. Certes, au cours des années, quelques masses localisées de roche se sont ébouées, par exemple en novembre 2006, mais elles ont représenté des volumes d'ampleur très limitée par rapport aux scénarios envisagés (environ 30 000 m³ lors de la dernière crise). Par ailleurs, des blocs isolés sont tombés assez fréquemment jusque dans le lit mineur de la Romanche, mais sans constituer des signes annonciateurs clairs d'une amplification notable des mouvements de la masse instable, ainsi que le démontrent les courbes d'évolution des mouvements.

On peut relever, sur la base des données disponibles de mouvements et de pluviométrie, que les points de mesure marquent une réaction rapide après un épisode très pluvieux (cf. figure 4) mais que cette réaction paraît finalement très modeste dans le cadre de l'évolution à long terme du versant. Certes, les analyses fines entreprises sur les relations entre les mouvements et la pluviométrie mettent en évidence que la réactivité du versant s'accroît, mais dans des proportions encore limitées, qui ne laissent pas prévoir une divergence soudaine du mécanisme de rupture conduisant à la prédiction imminente d'un gros éboulement.

Il est donc possible de prévoir que la rupture dans le versant se développera de façon très peu brutale, par volumes élémentaires successifs, et que les mécanismes de rupture progressive sont certainement les plus plausibles.

Ces considérations conduisent à différencier les scénarios suivants.

4 – LES SCENARIOS D'EVOLUTION DU VERSANT

4.1 Eboulements partiels de la zone frontale

Ce scénario – dit de court terme - a été analysé en détail dans le rapport du collège d'experts de décembre 2003, qui conclut en particulier qu'un éboulement polyphasé est le plus probable.

Les observations de terrain montrent la désorganisation croissante de la partie la plus avancée et la plus orientale de la zone frontale (zone des extensomètres A16, C2 et repères 1600, 1601, 1100, 631, 804), et l'ouverture des principales fractures qui la traversent ou la bordent.

Le seul événement important depuis 2003 est l'éboulement de 30 000 m³ déjà mentionné, outre quelques chutes de blocs. Cet événement, son déroulement progressif (par chance, il a été observé par le Cete) et l'analyse des évolutions récentes de la zone frontale conduisent à confirmer les diagnostics précédents : possibilité à court terme et à très court terme d'éboulements issus de la zone frontale, essentiellement sous forme d'événements successifs (quelques dizaines à quelques centaines de milliers de mètres cubes), plutôt que d'un événement unique et massif.

Comme il a été établi dans le rapport 2003, les éboulements partiels ne devraient pas former un véritable barrage du lit de la Romanche et ne devraient donc pas entraîner de risque hydraulique, à l'amont comme à l'aval.

4.2 Eboulement de la quasi-totalité de la zone frontale

L'éboulement en un seul événement de la quasi-totalité de la zone frontale (environ 3 millions de m³) n'est pas considéré comme probable. En revanche, des éboulements successifs, pouvant atteindre plusieurs centaines de milliers de m³, sont possibles, survenant après des phases de répit plus ou moins longues, correspondant à la mise en déséquilibre des masses dégagées par l'éboulement précédent. La quasi-totalité de la zone frontale pourrait ainsi être progressivement « vidée », d'ici 20 ou 30 ans, voire plus.

L'éboulement polyphasé de la totalité de la zone frontale produira dans la vallée un barrage partiel de hauteur très réduite, avec un impact sur le chenal de secours et sur la route départementale, mais sans créer de risque hydraulique à l'amont ou à l'aval. Les possibilités de déblaiement à la suite d'un éboulement majeur seront réduites tant qu'un examen soigneux du site n'aura pas été réalisé.

4.3 Les scénarios de long terme

Le collège d'experts a été sollicité pour tenter de préciser les scénarios impliquant des éboulements volumineux qui pourraient survenir ultérieurement.

La question essentielle est celle-ci : que se passera-t-il après disparition de la zone frontale ? En pratique, ce qui est à craindre, c'est une régression vers le nord-ouest, déstabilisant de nouveaux volumes, et provoquant des éboulements venant recouvrir le cône d'éboulement précédent. Avec deux questions qui en découlent : quels volumes ? Quelles échéances ?

La question des volumes

La zone frontale est bien délimitée vers le sud et vers l'est par des massifs stables, et on ne prévoit pas d'extension dans ces directions. En revanche, comme on l'a vu, les marges nord et ouest évoluent au cours du temps, ce qui avait d'ailleurs conduit le comité d'experts en 2003 à définir deux limites emboîtées.

Aujourd'hui, on a noté une progression certaine des désordres vers l'ouest, mais la zone frontale reste bien individualisée. Au-delà de cette zone, on observe une nette décroissance

spatiale des vitesses. Dans l'état actuel des connaissances, le pronostic des 3 millions de m³ reste donc pertinent.

Les reconnaissances complémentaires qui ont eu lieu en 2008 (géophysique) et celles qui sont programmées en 2009 (sondages instrumentés) ont pour but de mieux connaître la zone bordant la zone frontale à l'ouest et de préciser la profondeur des désordres. En tout état de cause, il n'est pas exclu qu'un volume supplémentaire, au plus de quelques millions de m³, puisse être mis en mouvement après la « purge » de la zone frontale, selon une évolution analogue à celle qui est actuellement observée sur la zone frontale.

Aucune observation ne permet d'identifier aujourd'hui une masse rocheuse, de volume supérieur à environ 3 millions de m³, et susceptible de donner lieu à éboulement après le départ de la zone frontale.

La question de l'échéance

Plusieurs observations convergent pour accréditer l'idée que le massif rocheux se dégrade très progressivement et que les éboulements qui en résultent succèdent à une longue phase préparatoire. Ceci s'interprète en considérant le mécanisme de déformation du versant, qui est à l'oeuvre depuis plusieurs milliers d'années (d'après des datations récentes sur l'escarpement du Mont Sec, le début du tassement sommital remonterait à – 4000 ou – 5000 ans avant J.-C.). Comme il a été dit plus haut, sans que tout soit parfaitement compris dans le détail, nous savons que c'est un phénomène de basculement de lanières orientées N 60°. Il n'y a donc pas de surface de rupture basale franche, qui permettrait un glissement en masse, avec une mise en mouvement pouvant être rapide. Le phénomène de basculement de lanières se développe progressivement dans le temps, profitant de la fracturation et de l'altération qui lui est liée. Dans ces conditions, les éboulements susceptibles de se produire sont dus au déséquilibre des masses situées les plus en avant de la zone frontale ; c'est ce qui s'est produit ces dernières années, avec des volumes très faibles. On a pu constater que les masses éboulées (issues de la partie avant de la zone frontale) ont chu après des déplacements cumulés des repères qu'elles portaient, atteignant 4 m (cible 805, mesurée de 1996 à 2006, donc sans tenir compte des déplacements antérieurs à la période de mesure) et 6 m (cible 632, de 1996 à 2005) ; d'autres cibles situées plus en arrière ont parcouru des déplacements de plus de 10 m sans choir.

L'observation des courbes d'évolution depuis 1985 (figure 5) montre que l'accroissement des vitesses dans la zone frontale est très progressif. Aussi est-il raisonnable d'admettre qu'il en sera de même après la chute de la zone frontale, ce qui fait apparaître des délais de l'ordre d'au moins une ou deux décennies pour l'individualisation de quelques millions de m³ supplémentaires. De plus, le scénario le plus probable d'évolution de cette nouvelle zone active est une succession d'éboulements de quelques dizaines ou quelques centaines de milliers de m³, plutôt que 2 ou 3 millions en une fois.

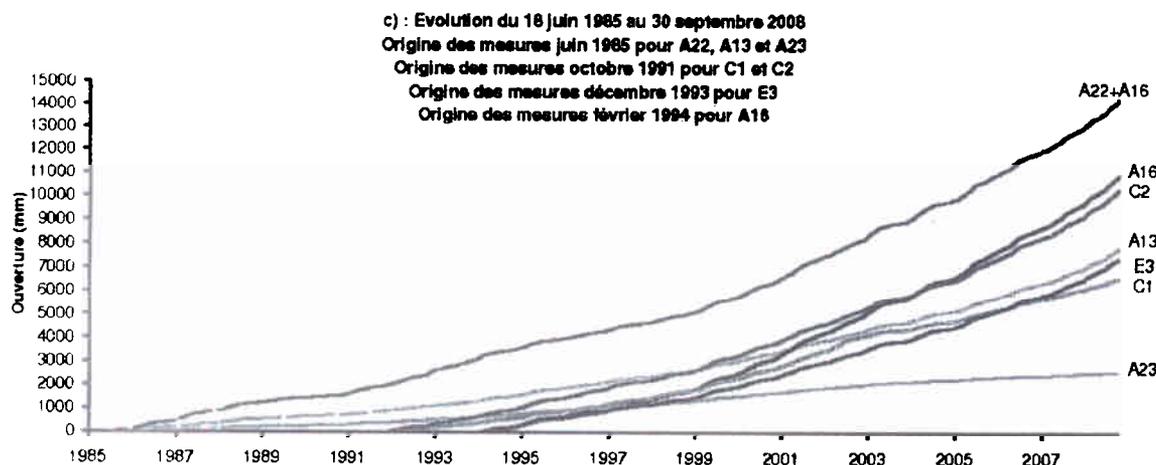


Figure 5. Extensomètres de la zone frontale : ouverture en fonction du temps (données du Cete de Lyon)

Le Collège d'experts estime que les prévisions de comportement du versant à long terme (au-delà d'une quarantaine d'années) sont très incertaines. Un scénario de poursuite de l'évolution régressive est possible, tout comme celui d'une stabilisation sur une longue durée autour d'une « pente d'équilibre » du versant.

L'occurrence d'un tremblement de terre majeur pourrait accélérer momentanément l'évolution et provoquer des chutes de blocs (voire l'éboulement de zones fortement déstabilisées par l'évolution antérieure), mais le Collège considère que cela ne modifierait pas sensiblement l'évolution générale du versant. Rappelons que le canton de Vizille est situé en zone de sismicité Ib dans le zonage national en vigueur actuellement². Dans le nouveau zonage qui devrait être officialisé en 2009, la commune de Séchilienne est classée en aléa moyen (accélération réglementaire au rocher : 1,6 m/s²).

En résumé, les scénarios ultérieurs les plus probables sont dans le prolongement de ce qui a été observé depuis 25 ans : ils pourraient impliquer plusieurs millions de m³ supplémentaires, en épisodes successifs plus ou moins importants, séparés par des phases de maturation longues. Les mises en instabilité à un horizon de quelques dizaines d'années pourraient concerner des volumes au plus équivalents à ceux de la zone frontale actuelle, laissant une possibilité d'interventions (toujours difficiles en raison du risque rémanent) entre les phases de paroxysme.

5 – CONCOMITANCE ENTRE UN EBOULEMENT BARRANT LE LIT DE LA ROMANCHE ET UNE CRUE DE LA ROMANCHE

Dans la mesure où un éboulement majeur (1 à 3 millions de m³) se produirait dans la zone frontale, il interviendrait probablement après un épisode de forte pluie, et la question de sa coïncidence avec une crue de la Romanche doit être posée³. Les études hydrauliques ont

² Quatre zones de sismicité croissante sont définies : 0, Ia, Ib, II et III, la dernière étant représentée seulement aux Antilles.

³ Cf. le rapport d'inspection de mars 2005 dit « rapport Huet ».

montré que le cas le plus défavorable pour l'aval est celui où le barrage se formerait au moment de l'arrivée de la pointe de crue. Le collège d'experts a pris acte de la ré-évaluation de la crue centennale de la Romanche, dont le pic est estimé aujourd'hui à 550 m³/s au droit du site. Ce maximum dure une quinzaine d'heures pour une crue centennale. Le collège d'experts a donc été interrogé sur la « probabilité » de cette concomitance.

A Séchilienne, la Romanche a un régime mixte pluvio-nival. La période de forts débits, d'origine nivale, va de fin avril à fin juillet (crue de mai 1856, estimée à 600 m³/s). La fin de l'été et l'automne sont cependant la période où l'on risque de fortes crues à l'occasion de perturbations orageuses ; les reliefs peuvent être déjà bien enneigés et une fusion peut alors provoquer une hausse des débits (septembre 1940 : 540 m³/s ; septembre 1968 : 480 m³/s). On peut considérer que le temps de base moyen de ruissellement est légèrement supérieur à 24 h.

La relation entre mouvements (dans la zone frontale) et apports hydriques est certaine, mais mal quantifiée dans sa synchronicité. Comme cela a été mentionné au § 2.3, il y a à la fois une influence rapide de précipitations importantes, et une influence retardée des infiltrations anciennes. La mise en mouvement par des pressions d'origine hydraulique peut aboutir *in fine* à une rupture, mais dans un délai qui n'est pas connu, et qui est fonction de l'état de « maturation » des masses rocheuses concernées. S'agissant de volumes de plusieurs centaines de milliers de m³, les précipitations susceptibles d'amorcer une phase d'accélération ultime sont des périodes pluvieuses de longue durée, sur quelques mois, et non pas un unique orage violent, lequel peut en revanche – mais ce n'est pas systématique – constituer le facteur déclenchant. A titre d'exemple, l'analyse de deux cas d'éboulement très différents est présentée en annexe.

Cette analyse confirme que l'existence d'une « phase terminale » d'une durée plus ou moins longue (semaines, mois ?) est l'hypothèse la plus crédible dans le cas de Séchilienne. Dans ce contexte, le Collège considère que la liaison entre crue (événement reproductible) et éboulement (événement non reproductible) est trop complexe pour pouvoir être évaluée quantitativement à l'aide d'un calcul de probabilités. « À dire d'expert », conforté par des approches probabilistes frustes, le Collège estime que, par rapport à la probabilité d'occurrence p d'un éboulement majeur, la condition supplémentaire correspondant à une concomitance avec la pointe d'une crue centennale entraîne un facteur de réduction sur p compris entre 1/10000 et 1/1000.

6 - CONCLUSIONS

Le Collège d'experts confirme que le risque de court terme se limite à l'éboulement de la zone frontale, dont le volume est estimé à 3 millions de m³. L'état des connaissances sur le site, résultant des investigations et mesures réalisées depuis vingt-cinq ans, conduit à prévoir que cette zone frontale subira plusieurs éboulements partiels successifs, la probabilité d'un éboulement monophasé étant très faible.

Par rapport à l'occurrence d'un éboulement important, la concomitance avec la pointe d'une crue centennale de la Romanche est jugée très peu probable : supposant connue la probabilité de l'éboulement, cette valeur doit être divisée par un facteur de 1000 à 10 000 pour obtenir la probabilité de l'événement concomitance.

Après l'éboulement de la zone frontale, le Collège considère que l'évolution ultérieure du versant sera similaire à celle qui a été observée sur cette zone frontale. La déstabilisation progressive de masses rocheuses en arrière de cette zone, d'un volume équivalent à celle-ci, est possible, aboutissant à des ruptures successives s'étalant sur quelques décennies.

Dans l'état actuel des connaissances, le Collège considère comme hautement improbable que des volumes significativement supérieurs à ce qui est mentionné ci-dessus s'éboulent au cours des 50 prochaines années.

Cette évolution du versant par ruptures multiples sur un temps long impose de disposer d'un système de surveillance apte à durer plusieurs dizaines d'années, avec des possibilités de déplacements de capteurs, anticipés en fonction des éboulements successifs (quelques repères ont déjà été perdus dans les petits éboulements passés).

Les reconnaissances par sondages prévues en 2009 et l'instrumentation qui sera mise en place permettront d'affiner la compréhension des mécanismes d'évolution du versant.

Annexe 1 : Note de L. Rochet sur l'analyse de deux cas d'éboulements

Pour tenter d'apporter des éléments de réponse à ces interrogations, j'ai analysé les deux cas d'éboulements assez complémentaires suivants :

a) Eboulement de la partie supérieure du couloir des Ruines

Le volume concerné par cet éboulement du 23-11-2006 a été estimé par le CETE à 30 000 m³ environ. Ce volume est bien entendu faible par rapport au volume de la zone frontale, mais il est néanmoins significatif. L'étude du déplacement du repère R805 (avant sa disparition) permet dans une certaine mesure d'analyser le comportement terminal de cette zone, et de mettre en évidence les points suivants :

- existence d'un facteur déclenchant à l'origine de la phase terminale se traduisant par une divergence très nette de l'évolution du repère R805 par rapport à son évolution antérieure et par rapport à l'évolution des autres repères de la zone frontale. Ce facteur déclenchant est incontestablement l'épisode pluvieux intense des 21 et 22 août 2005 (pluie de 133 mm en 2 jours, dont 73 mm en 1 jour) ;

- existence de quatre principales sollicitations secondaires relayant l'impulsion initiale au cours des mois qui l'ont suivie :

- 04/11-03-06 pluie soutenue, 50mm en 5 j (75 mm en 7 j)
- 26/29-08-06 faible épisode pluvieux, 30 mm en 4 j
- 15-09-06 pluie de 29 mm en 1 j
- 17/22-11-06 faible épisode pluvieux, 24 mm en 3 j (41 mm en 6 j).

A l'exception du dernier épisode dont on ne connaît pas l'effet direct en raison de la disparition antérieure du repère R805, les autres sollicitations ont toutes entraîné une relance et une accentuation du processus de rupture en cours. On peut remarquer que leur intensité est relativement faible et n'a rien d'exceptionnel. Le délai séparant l'intervention du facteur déclenchant à l'origine de la phase terminale, de la survenue de l'éboulement final a été dans ce cas de plus d'une année (de l'ordre de 15 mois). On peut également remarquer que le dernier épisode pluvieux précédant l'éboulement a été de faible intensité et étalé sur plusieurs jours.

b) Eboulement de Val Pola (28-07-1987)

Ce cas, situé à l'autre extrémité de l'échelle des volumes, est intéressant à plus d'un titre. La surface de rupture était prédéfinie structurellement et préexistait au moins pour partie, puisque la zone avait déjà été affectée par un ancien glissement. Le phénomène générateur est clairement identifié et résulte des précipitations exceptionnelles du mois de juillet 1987 sur le bassin de l'Adda et plus largement sur la Lombardie. L'examen des données relatives à cet éboulement permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- les précipitations exceptionnelles qui ont précédé l'éboulement se sont produites entre le 15 et le 19 juillet (229 mm au total vers 1900 m, dont 124 mm le 18 juillet). Des pluies modérées se sont poursuivies jusqu'au 22 juillet (de l'ordre de 30 mm au total). La contribution locale de la fonte de la neige pendant cette période a été mineure en raison de la

disparition antérieure de celle-ci. Cet épisode constitue clairement le facteur déclenchant de la phase terminale. On notera qu'il a précédé l'éboulement de 9 jours, bien que la surface de rupture ait été préexistante ;

- les indices nets de mouvement apparaissent le 25 juillet et se traduisent par l'ouverture d'une fissure de 600 m de longueur à la partie supérieure du glissement (alt. 2200), atteignant progressivement 900 m de longueur les 26 et 27 juillet. De nombreuses chutes de blocs se produisent à partir du 24 juillet et s'intensifient jusqu'au 28. Le 28 juillet à 6 h 20 un éperon rocheux situé à la partie inférieure vers la cote 1700 cède sous la pression, précédant dans sa rupture l'éboulement final qui survient une heure plus tard le 28 juillet à 7 h 23.

De l'analyse du cas de l'éboulement de Val Pola il ressort deux enseignements principaux :

- bien que la surface de rupture ait été prédéterminée et sans doute largement préexistante, et bien que l'évènement hydrométéorologique déclencheur ait eu une intensité exceptionnelle (période de retour entre cinquantennale et centennale sur un jour), la durée de la phase terminale a été relativement importante et de l'ordre de 9 jours. Un tel délai déconnecte l'éboulement du passage de l'onde de crue associée à l'épisode générateur. (dans ce cas, la crue générale de l'Adda était antérieure à l'éboulement) ;
- l'éboulement final le 28 juillet s'est produit sans l'intervention d'un facteur extérieur localisant dans le temps son déclenchement (précipitation intense ou secousse sismique). Le processus divergent de la phase terminale a atteint son terme naturellement.

Annexe 2 : Plan de la zone frontale (document Cete de Lyon).



LEGENDE

- Points de télésurveillance
- Requis de surveillance géodésique équipé d'un prisme-reflecteur
- Reflecteur noir
- Balise
- Base de mesure astronomique automatique
- Base de mesure astronomique manuelle
- Points de surveillance géodésique périodique
- Requis de surveillance G.P.S
- Requis de surveillance laser (sphère)
- Point de référence (pier ou socle)
- Point de repérage
- Borne implantée et signalée
- Croix peinte sur rocher



COMMUNE DE SECHILLENNE (ISERE)

Site des Ruines

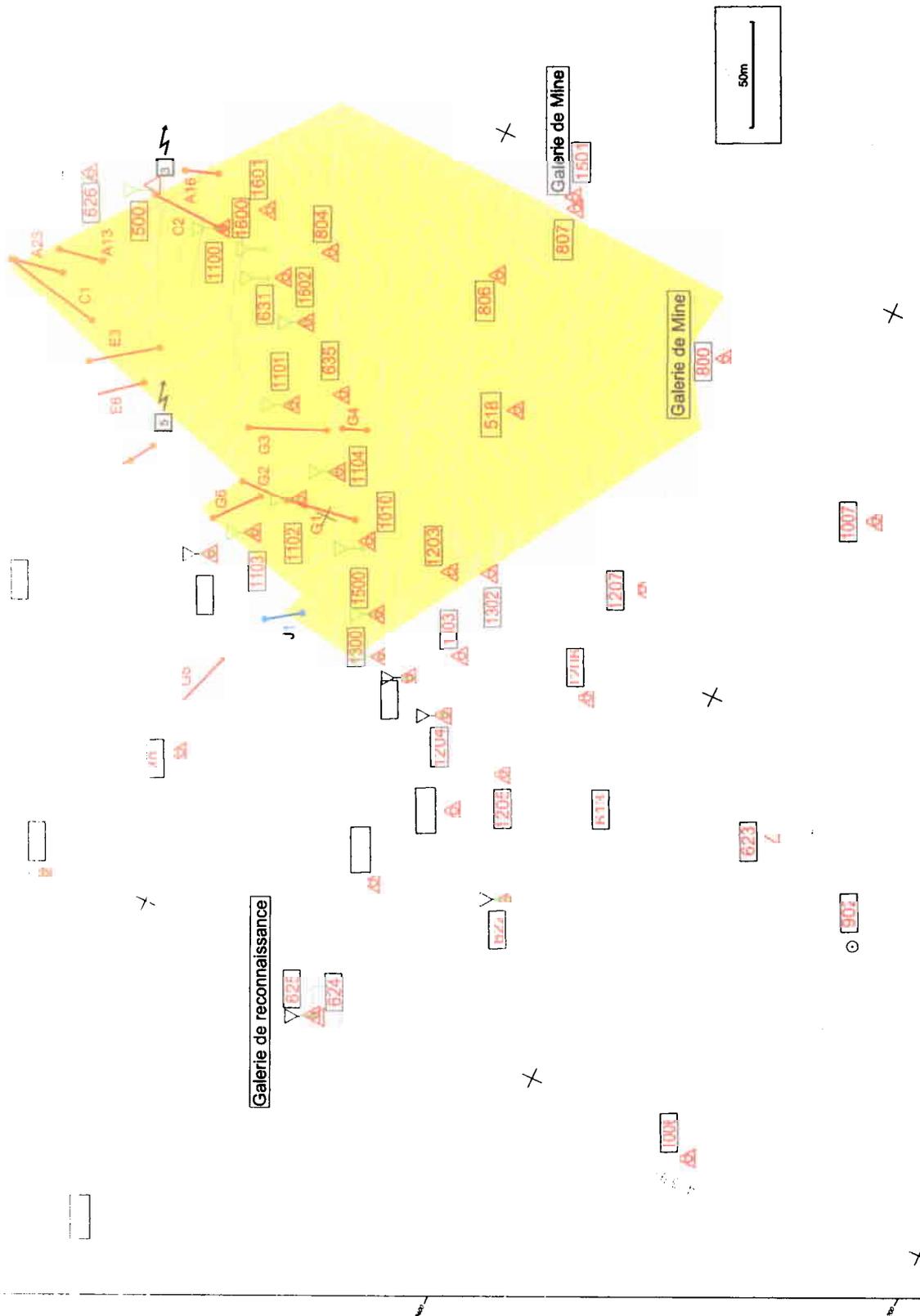
ZONE ACTIVE

PLAN DE SITUATION
DES DISPOSITIFS DE SURVEILLANCE

Plan de vues du 9 janvier 2007 au 10/06/00

Ref : 7453-1913

Date : Juillet 2008



19

D. L. 12.01.09

PANET Marc
43 bis avenue Le Nôtre
92330 Sceaux
Tél. : 33 (0)1 47029420
panet.marc@orange.fr

Sceaux, le 14 janvier 2009

LM → SRNH

**Monsieur le Directeur de la Direction
Générale de la Prévention des Risques
Ministère de l'Écologie, de l'Aménagement
et du Développement Durables
20 avenue de Ségur
75302 Paris 07 SP**

↓

→ BRNT

François HEDOU.

Sondages et autoévaluation
à faire en 2009.

Objet : Les Ruines de Séchilienne

Monsieur le Directeur,

Je vous prie de bien vouloir trouver en pièce jointe le rapport du Collège des experts :
Scénarios d'évolution du versant des Ruines de Séchilienne.

En vous souhaitant bonne réception et restant à votre disposition pour toute explication
complémentaire, je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de mes sentiments
dévoués.

Le Président du Collège d'experts,



Pièces jointes : 2 exemplaires du rapport