

Document public

**Mouvement de terrain d'ampleur  
survenu en décembre 2002 dans le  
bassin versant du Nant des Pères  
(Haute Savoie):  
Avis et recommandations**

**BRGM/RP-52474-FR**  
juillet 2003

Document public

**Mouvement de terrain d'ampleur  
survenu en décembre 2002 dans le  
bassin versant du Nant des Pères  
(Haute Savoie):  
Avis et recommandations**

**BRGM/RP-52474-FR**  
juillet 2003

Etude réalisée dans le cadre des opérations  
de service public du BRGM PSP03RHA03

**D. MOIRIAT et JL. NEDELLEC**

*Mouvement d'ampleur survenu en décembre 2002 dans le bassin versant du Nant des Pères  
(commune de Sixt-Fer-A-Cheval, Haute Savoie): Avis et recommandations-*

Mots clés : Mouvement de terrain, tassement de versant, fracturation de versant, recul glaciaire, glacier résiduel, effondrement rocheux, lave torrentielle, commune de Sixt-Fer-A-Cheval, Haute Savoie

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

D. MOIRIAT, JL. NEDELLEC (2003) – Mouvement de terrain d'ampleur survenu en décembre 2002 dans le bassin versant du Nant des Pères (Haute Savoie): Avis et recommandations. BRGM/RP-52474-FR. 35 p., 11 fig.

© BRGM, 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## **Synthèse**

A la demande de la Préfecture de Haute Savoie, le BRGM est intervenu le 18 juillet 2003 sur la commune de Six-Fer-A-Cheval (Haute Savoie) afin de fournir un complément d'expertise sur le mouvement de terrain d'ampleur survenu le 16 décembre 2002 dans le bassin versant du Nant des Pères.

La reconnaissance du site du 18 juillet 2003, réalisée en hélicoptère avec dépose (visite conjointe avec les services RTM de Haute Savoie), a permis d'observer toutes les zones concernées par ce mouvement au-dessus de 2000 m d'altitude.

Le 29 juillet 2003, des observations complémentaires entre les altitudes + 900 m et + 1300 m, dans la zone de la coulée, ont permis de d'affiner le diagnostic et les préconisations envisagées pour la mise en sécurité du site.

Ce mouvement, apparemment amorcé dès 1997, s'est initié entre les altitudes + 2800 m et + 2400 m dans une zone très fracturée (deux familles principales de discontinuités), fortement inclinée et marquée par un tassement de versant (recul glaciaire) et la présence d'un éventuel glacier résiduel sous le tapis d'éboulis encore en place. Une dalle de calcaire oxfordien, fracturée vers +/- 2600 m, a été décapée de son tapis d'éboulis à l'Est de la zone A.

La coulée constituée d'éboulis, de blocs calcaires, de neige et de glace, s'est vraisemblablement nourrie au fil de sa descente, en mobilisant tout d'abord les éboulis accumulés en pied de pente (zone R1 dans la combe dite du Cheneau Noire) puis en arrachant probablement des matériaux marneux et schisteux (schistes marneux et argileux) entre les cotes + 2000 m et + 1400 m. Il est ensuite très probable qu'il y ait eu, à partir de la cote + 1400 m, rupture du verrou d'accumulation de matériaux et remobilisation d'anciens dépôts, ce qui expliquerait les volumes considérables mis en jeu par rapport aux volumes initiaux provenant de la zone source.

Les observations des zones amont (zones A, B et C) montrent que le versant alimentant le Nant des Pères est en évolution et qu'à court terme de nouveaux effondrements rocheux en masse vont survenir dans la partie Ouest de la zone A, ainsi que dans la zone C. A moyen et plus long terme, ce sont des départs très probables dans la zone B qui surviendront. Ces départs dans les zones A, B et C ne

vont faire qu'aggraver l'équilibre précaire des éboulis des zones de reprises (zones R1, R2 et R3) qui comportent elles aussi des risques d'éboulements à court terme.

Enfin ces éboulements, venant des zones amonts (zones A, B C) ou des zones de reprises (zones R1, R2, R3), sont la source d'apports de nouveaux matériaux dans le Nant des Pères alors engravé (engravements du 19/05/03, 17/06/03, 03/07/03). Suivant leurs volumes et suivant les conditions climatiques, ces nouveaux apports de matériaux peuvent induire une lave torrentielle et une remobilisation des dépôts accumulés dans le lit du Nant des Pères entre les cotes + 1000 m et + 1400 m ; la matrice de ces dépôts étant du reste de par sa nature (glaciaire ancien entre autre) mobilisable si sa teneur en eau le permet.

En conséquence, afin de mieux évaluer le comportement du massif après l'impact des orages d'été, **nous demandons que les mesures d'interdiction aux véhicules de la route accès au Plan des Lacs, et que la fermeture du camping municipal (arrêté préfectoral) soient maintenues jusqu'à nouvel ordre.**

Sachant par ailleurs que les moyens d'alerte automatisés ne sont pas adaptés au contexte du site, nous recommandons de retenir des moyens de prévention plus classique basés sur un aménagement des accès aux sites à enjeux et le déplacement des équipements les plus exposés.

Les mesures de prévention préconisées (curage fréquent du lit du Nant des Pères après chaque évènement, fermeture de la route d'accès au Plan des Lacs, , **cf § 6.3**) devront être précisées au vu du comportement du site lors de prochains épisodes pluvieux importants.

## Sommaire

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>7</b>
<b>2. DONNEES .....</b>	<b>8</b>
2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ENJEUX.....	8
2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	11
2.3 HISTORIQUE DU MOUVEMENT .....	12
2.4 OBSERVATIONS DU 18 JUILLET 2003.....	13
2.5 OBSERVATIONS DU 29 JUILLET 2003.....	17
2.6 AUTRES DONNEES.....	19
<b>3. FACTEURS FAVORABLES A L'APPARITION DE MOUVEMENTS DE TERRAIN .....</b>	<b>21</b>
3.1 DANS LES ZONES AMONT AU-DESSUS DE 2400 M.....	21
3.2 DANS LES ZONES DE REPRISES AU-DESSUS DE 2000 M.....	22
3.3 DANS LES ZONES DE FALAISES ENTRE 2000 M ET 1400 M.....	23
3.4 DANS LE CHENAL EN DESSOUS DE 1400 M.....	24
<b>4. SCENARIO PROBABLE DU MOUVEMENT DE DECEMBRE 2002: DE L'EFFONDREMENT ROCHEUX A LA LAVE TORRENTIELLE .....</b>	<b>28</b>
<b>5. IDENTIFICATION DES ZONES INSTABLES ET EVOLUTION PROBABLE .....</b>	<b>29</b>
<b>6. RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>31</b>
6.1 MESURES IMMEDIATES .....	31
6.2 SURVEILLANCE ET MOYENS D'ALERTE AUTOMATISES.....	31
6.3 MESURE DE PREVENTION PRECONISEES.....	32
<b>7. CONCLUSIONS .....</b>	<b>34</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Situation du secteur concerné par le mouvement de terrain de déc.02 .....	9
Figure 2 : Extrait de la feuille Chamonix au 1/ 50 000 <sup>e</sup> .....	10
Figure. 3 : Zones A, B, C et zones de reprises R1, R2 et R3 observées le 18/07/03.....	12
Figure 4 : Indices de mouvements observés dans la zone A (1) .....	13
Figure 5 : Indices de mouvements observés dans la zone A (2) .....	14
Figure 6 : Découpage des arêtes rocheuses par des discontinuités Est-Ouest.....	14
Figure 7 : Discontinuités d'orientation moyenne N40 <sup>oE</sup> 60 <sup>o</sup> NW .....	15
Figure 8 : Au bas de la zone A (ouest de la zone de reprise R1) .....	16
Figure 9 : Vue de la coulée vers la cote + 1200 m .....	17
Figure 10 : Bord Est de la coulée, vers la cote + 1250 m .....	18
Figure 11 : Zoom de l'orthophotographie datant de 1996 (donnée RGD 74) .....	19

## **1. INTRODUCTION**

Dans le cadre de sa mission de service public d'appui aux administrations, le BRGM est intervenu à deux reprises le 18 et le 29 juillet 2003 sur la commune de Six-Fer-A-Cheval (Haute Savoie) afin de fournir un complément d'expertise sur le mouvement de terrain d'ampleur survenu le 16 décembre 2002 dans le bassin versant du Nant des Pères.

C'est en effet à la suite de nouveaux évènements survenus entre le 19 mai 2003 et le 3 juillet 2003 que la Préfecture de Haute Savoie a demandé au BRGM Rhône alpes un avis et des recommandations sur ce mouvement de terrain dont le suivi et l'analyse ont été réalisés depuis décembre 2002 par les services RTM de Haute Savoie.

Deux visites du site ont été faites :

- Le 18 juillet 2003, une reconnaissance en hélicoptère avec dépose, réalisée conjointement avec les services RTM, a permis d'observer toutes les zones concernées par ce mouvement au-dessus de 2000 m d'altitude. Ces observations ont déjà fait l'objet d'un premier compte rendu en date du 24 juillet 2003 ;
- Le 29 juillet 2003, des observations complémentaires entre les altitudes + 900 m et + 1300 m, dans la zone de la coulée, ont permis d'affiner le diagnostic et les préconisations envisagées pour la mise en sécurité du site.

Ces observations ainsi que les éléments en notre possession à ce jour (rapports RTM, carte géologique, orthophotographie) sont présentés dans le paragraphe *Données* qui sert de base, avant tout constat, à l'analyse du mouvement et de son évolution potentielle. Les recommandations qui en découlent sont ensuite détaillées.

## **2. DONNEES**

### **2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET PRINCIPAUX ENJEUX**

Le mouvement concerné se situe sur la commune de Sixt-Fer-A-Cheval et concerne **(fig. 1)** :

- le bassin versant du Nant des Pères, affluent du Giffre à la cote + 910 m ;
- une partie du cirque qui constitue le haut bassin versant du Nant des Pères entre les altitudes + 2050 m et + 2800 m, du Glacier du Cheval Blanc à l'Arête du Grenairon.

En suivant le sens d'écoulement vers le Nord du Nant des Pères, se succèdent depuis les sommets situées aux altitudes moyennes de +/- 2800 m jusqu'à la cote + 900 m :

- entre les altitudes + 2800 m et + 2425 m,
  - à l'aplomb de la combe du Cheneau Noire, une zone de pierriers avec des pentes moyennes de 50 à 60°N puis une zone de falaises entre les cotes + 2550 m et + 2425 m ;
  - au droit de l'arête du Grenairon, une zone de falaises entre les cotes + 2700 m et + 2425 m.
- entre les altitudes + 2425 et + 2050 m, des pierriers avec des pentes moyennes de 50 à 70°N débouchant sur un cirque de falaises entre Tête Noire et la combe du Cheneau Noire.
- entre les altitudes + 2050 m et + 900 m, le lit étroit du Nant des Pères serpente d'abord dans les falaises jusqu'à la cote + 1400 m. Il suit ensuite un vallon étroit faiblement incliné qui débouche après la cote + 1000 m sur la vallée du Giffre d'axe NE-SW.

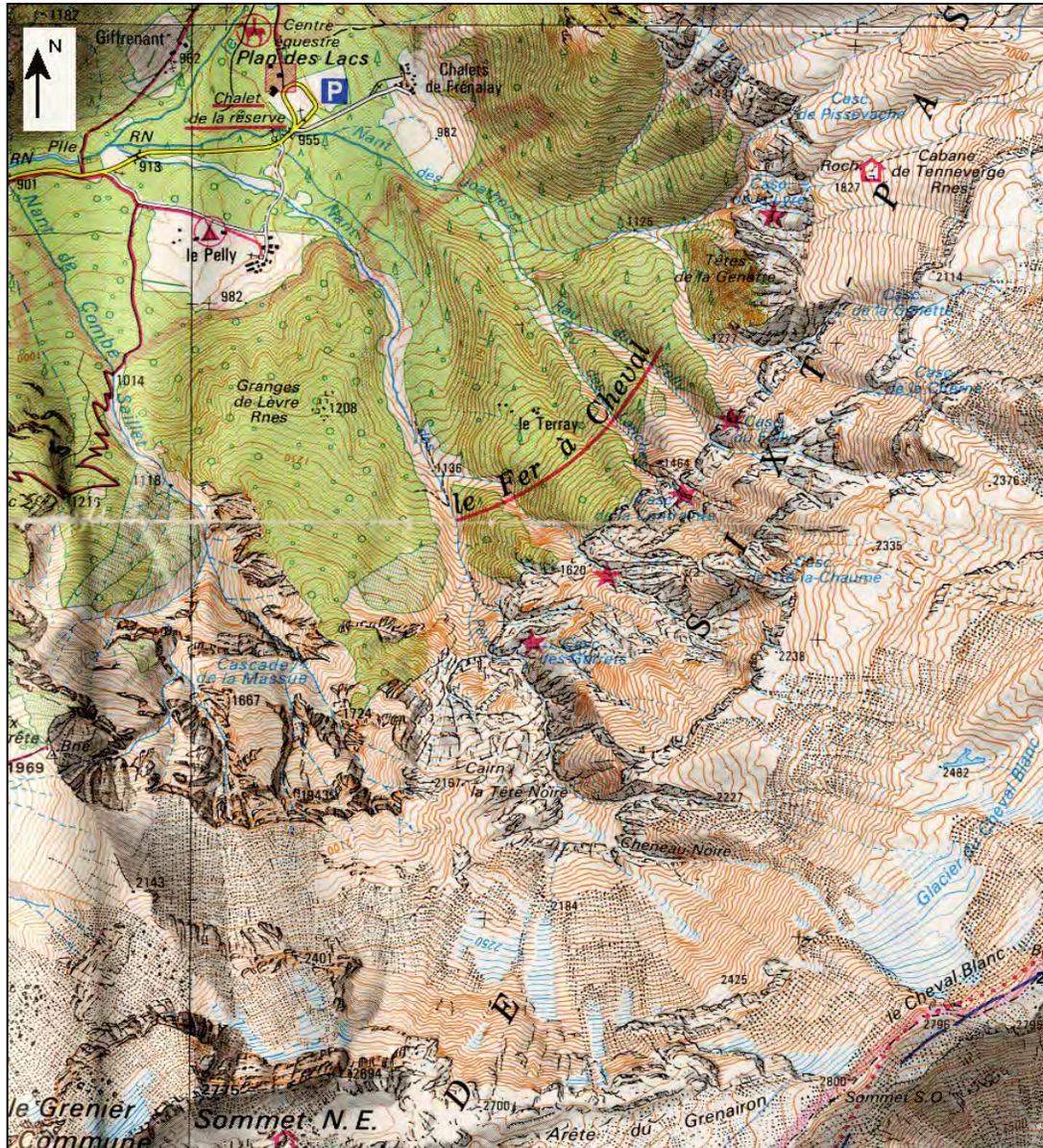
Après la cote + 1000 m, se trouvent différentes infrastructures :

- A l'Est du Nant des Pères, à moins de 150 m du ruisseau, entre les cotes + 920 m et + 980 m, on trouve le camping dit Le Pelly ;
- A la cote moyenne de + 910 m, la route départementale D907 relie le bourg de Sixt-Fer-A-Cheval au lieu dit Plan des Lacs (site touristique).
- Au Plan des Lacs situé en dessous de la cote + 960 m, la RD 907 se termine en boucle (Parking) près d'un centre équestre et d'une auberge.

*Mouvement d'ampleur survenu en décembre 2002 dans le bassin versant du Nant des Pères  
(commune de Sixt-Fer-A-Cheval, Haute Savoie): Avis et recommandations-*

- A l'Est du lieu dit Plan des Lacs, se trouvent les chalets de Frénalay à la cote moyenne + 980 m.

Par ailleurs, hormis dans le secteur de la vallée du Giffre en dessous de la cote + 1000 m, aucun sentier de randonnée n'est tracé dans les bassins versants du Nant des Pères et du Nant des Joathons (d'après carte IGN 3530ET Samoëns Haut Giffre)



**Figure 1 : Situation du secteur concerné par le mouvement de terrain de déc. 02**

## 2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les terrains concernés par ce mouvement sont situés dans la Nappe de Morcles qui chevauchent le Massif des Aiguilles Rouges plus à l'Est. Ce sont des terrains principalement jurassiques moyens et supérieurs (**fig. 2**) intensément déformés qui dessinent de nombreux plis isoclinaux couchés d'axe SW-NE. En dessous de la cote + 1200 m, on trouve du glaciaire ancien.



**Figure 2 : Extrait de la feuille Chamoniex au 1/50 000<sup>e</sup>**

Gy	Glaciaire ancien	I-j <sup>1a</sup>	Série compréhensive schisteuse
Gz	Glaciaire historique	j <sup>1</sup>	Calcaires spathiques à silex
E	Eboulis	j <sup>2-4</sup>	Marnes schisteuses grises
		j <sup>5</sup>	Calcaires à interlits marneux
		j <sup>6-9</sup>	Calcaires massifs à pâte fine

## **2.3 HISTORIQUE DU MOUVEMENT**

Cet historique est extrait des rapports RTM en notre possession :

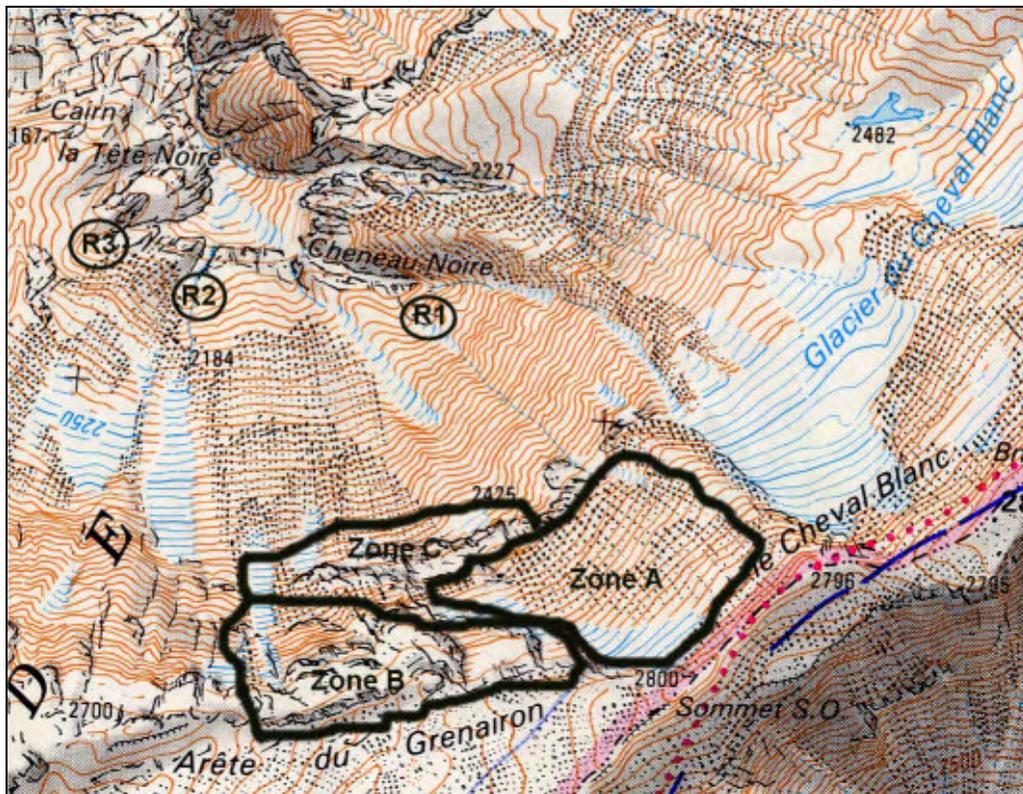
- Le 16 décembre 2002, un mélange de roches et de neige a emprunté le thalweg du Nant des Pères et s'est arrêté à la cote + 1000 m. Ce dépôt estimé entre 200 et 300 000 m<sup>3</sup> et d'une épaisseur apparente de 25 m a totalement obstrué le lit du torrent du Nant des Pères.  
Les conditions météorologiques du mois de décembre 2002 et l'enneigement hivernal n'ont pu permettre de localiser le lieu de départ des matériaux, ni l'état d'instabilité de la zone, ni d'évaluer la quantité de matériaux encore mobilisables le long du chenal d'écoulement ;
- Le 19 mai 2003, le chenal du Nant des Pères est engravé par un volume estimé à 10 000 m<sup>3</sup>.
- Le 2 juin 2003, le Nant des Pères est détourné sur le Nant des Joathons. Les matériaux du dépôt de décembre 2002 sont repris. Il y a accumulation de matériaux sur la route et obstructions des ponts. Des blocs de glace de quelques m<sup>3</sup> sont repérés dans les dépôts.
- Le 17 juin 2003, nouvel engravement du chenal du Nant des Pères (lave torrentielle qui rejoint le Nant des Joathons).
- Le 3 juillet 2003, sont observés 3 évènements successifs dont deux clairement issus de l'amont des falaises (au total environ 35 000 m<sup>3</sup>) : dépôts sur la route (lave torrentielle), pont obstrué et blocs de glace de 200 m<sup>3</sup> en pied de falaise.

## 2.4 OBSERVATIONS DU 18 JUILLET 2003

Ces observations ont été réalisées à partir de deux déposes en hélicoptère **au-dessus de la cote + 2000 m.**

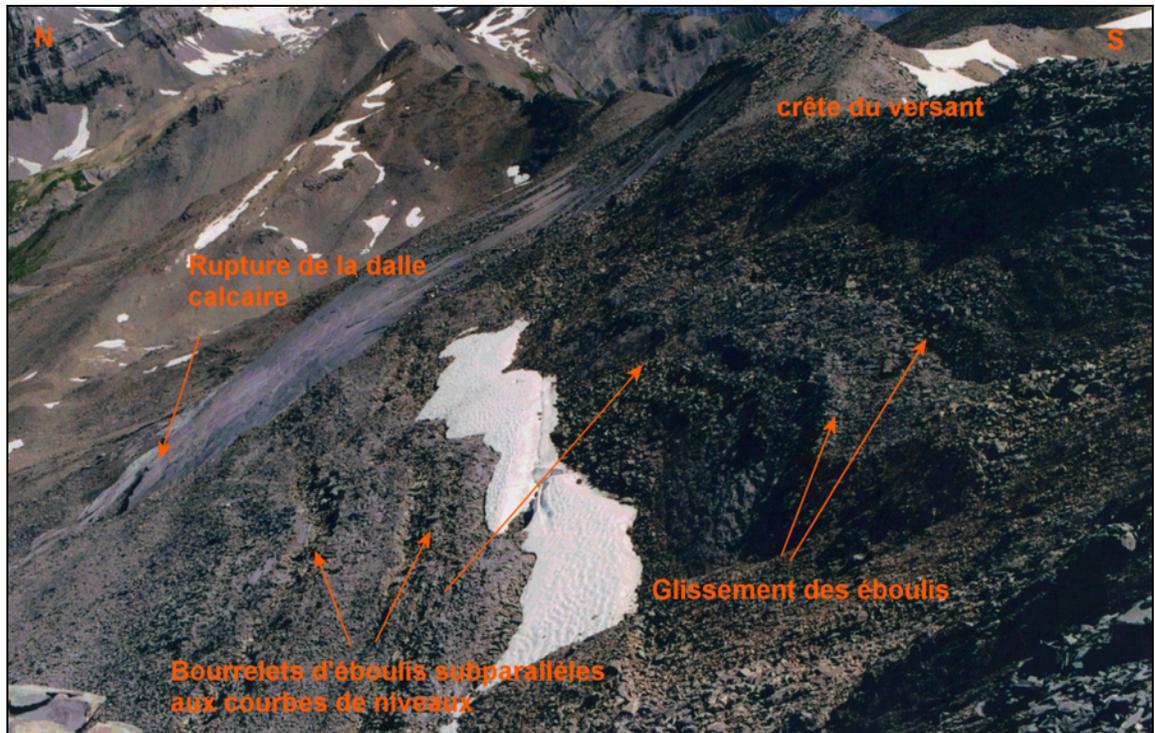
La première dépose en hélicoptère à +/- 2800 m a permis d'observer :

- **La zone source de la manifestation** située, entre +/- 2750 m et +/- 2450 m, entre l'arête du Grenairon et le glacier du Cheval Blanc, soit une surface d'au moins 20 ha (**zone A fig. 3**).



**Figure 3 : Zones A, B, C et zones de reprises (R1, R2 et R3) observées le 18/07/2003**

Dans cette zone, on observe une dalle de calcaire oxfordien d'orientation moyenne N45°E 50°NW, d'une surface d'environ 5 ha, qui a été décapée de son tapis d'éboulis. Cette surface est bombée et montre à sa base une surface de rupture (vers +/-2600 m) qui semble récente (**fig. 4**).



**Figure 4 : Indices de mouvements observés dans la zone A (1)**

En marchant sur l'arête et en allant vers le SW, on peut voir que cette dalle calcaire est fracturée par 2 familles de discontinuités d'orientation moyenne  $N40^{\circ E}$   $60^{\circ} NW$  (pendage suivant la pente) et  $N110^{\circ E}$  à pendage subvertical. La dalle disparaît ensuite en allant vers le SW sous le tapis d'éboulis encore en place et peut stable (départ de blocs lors de notre visite). Ceux-ci ont une épaisseur difficile à estimer, néanmoins on observe qu'elle est plus importante tous les 30 m environ dans le sens de la pente lorsque le tapis d'éboulis dessine des bourrelets sinueux qui ont une direction suivant les courbes de niveaux. Ces bourrelets sont accompagnés de fissures et de figures de tassement de même direction moyenne que les bourrelets (fig. 4).

En continuant vers le SW, on distingue à une cinquantaine de mètres plus bas, un petit névé avec une fissure longue de plus de 20 m, de direction Est-Ouest, dans laquelle on distingue de la glace dont il est impossible d'apprécier l'épaisseur (fig. 5).



**Figure 5 : Indices de mouvements observés dans la zone A (2)**

En suivant l'arête (de direction cette fois-ci WNW-ESE) qui rejoint l'arête du Grenairon, on observe un découpage des arêtes rocheuses par des fissures récentes de direction moyenne N110-120<sup>de</sup> à pendage vertical (**fig. 6**



**Figure 6 : Découpage des arêtes rocheuses par des discontinuités Est-Ouest**

- **La zone de l'arête du Grenairon (zone B fig. 3)**, entre +/- 2700 m et +/- 2450 m. On retrouve dans cette zone les deux familles de discontinuités observées dans la zone A : la bordure Nord de la zone B (zone de falaise) est fracturée par discontinuités Est-Ouest tandis que sur la bordure Sud de la zone B on trouve un faisceau de discontinuités N<sup>45</sup><sup>°E</sup> 70°NW (**fig. 7**), avec des ouvertures parfois de l'ordre de 20 cm.



**Figure 7 : Discontinuités d'orientation moyenne N40<sup>°E</sup> 60°NW**

La seconde dépose en hélicoptère à l'altitude +/- 2200 m a permis d'observer **les zones d'éboulis** dites zones de reprises (**zones R1, R2, R3 fig. 3**). On peut distinguer trois principales zones en amont des falaises bajociennes et liasiques. Elles concernent des volumes de matériaux pouvant être considérables (non chiffrables), matériaux emballés parfois dans une matrice et reposant sur des pentes pouvant dépasser 70°. La délimitation des zones R1, R2, R3 n'a pas été faite (fig. 1) en raison des incertitudes concernant les volumes de matériaux (épaisseurs et surfaces).



**Figure 8 : Au bas de la zone A (Ouest de la zone de reprise R1)**

Par ailleurs, durant le vol, trois autres observations ont pu être réalisées :

- il existe **une autre zone instable (zone C fig. 3)** adjacentes aux zones A et B et qui concernent les falaises entre +/- 2400 et +/- 2600 m. Ces falaises sont parfois entaillées de fractures béantes de direction Est-Ouest et dont certaines semblent très récentes ;
- les falaises de la zone B et C constituent les flancs d'un pli majeur d'axe Est-Ouest (on distingue à l'intérieur de ce pli des plis isoclinaux couchés avec des axes de pli de directions sensiblement similaires) ;
- le lit du Nant des Pères entre les cotes + 2000 m et + 1400 m est peu obstrué par des matériaux.

## **2.5. OBSERVATIONS DU 29 JUILLET 2003**

Des observations complémentaires ont été réalisées entre les altitudes + 900 m et + 1300 m.

Elles ont permis d'observer le corps du dépôt de décembre 2003 qui est constitué par des débris rocheux (calcaires et schistes marneux principalement) venant de l'amont, et par les dépôts du glacier ancien accumulés en pied de pente. Ceux-ci ont été arrachés sur une hauteur de plus d'1 m en moyenne (près de 2 m par endroits) et ont nourri en matériaux la lave torrentielle de décembre 2003 (**fig. 9 et 10**).



**Figure 9 : Vue de la coulée vers la cote + 1200 m**



**Figure 10 : Bord Est de la coulée, vers la cote +1250 m**

Ces dépôts glaciaires, anciens ainsi que les matériaux fins (fraction silteuse ou marneuse) provenant de l'amont constituent la matrice dans laquelle sont emballés les blocs rocheux de toutes tailles (d'un volume moyen généralement inférieur à  $10 \text{ m}^3$ ). Et cette matrice semble, quand elle est imprégnée d'eau, très mobilisable. D'ailleurs dans le chenal du Nant des Pères sont notés des indices de glissement sur la feuille géologique n°680 de Chamonix datant de 1987.

Enfin, il est très probable au vu de la topographie et des dépôts en présence, qu'entre les cotes + 1250 m et + 1400 m (pied de falaise), que l'on ait une zone d'accumulation de matériaux provenant de l'amont, sorte de "verrou" qui aurait rompu lors de l'événement de décembre 2002.

## 2.6. AUTRES DONNEES

- D'après une photographie aérienne de 1996 (RGD 74), on peut voir très nettement (**fig. 11**):
  - les deux familles de discontinuités citées précédemment et leur rôle sur le découpage des falaises ;
  - la présence d'une importante niche d'arrachement dans la zone A ;
  - la présence de lignes de bourrelets d'éboulis au Sud de la zone A.

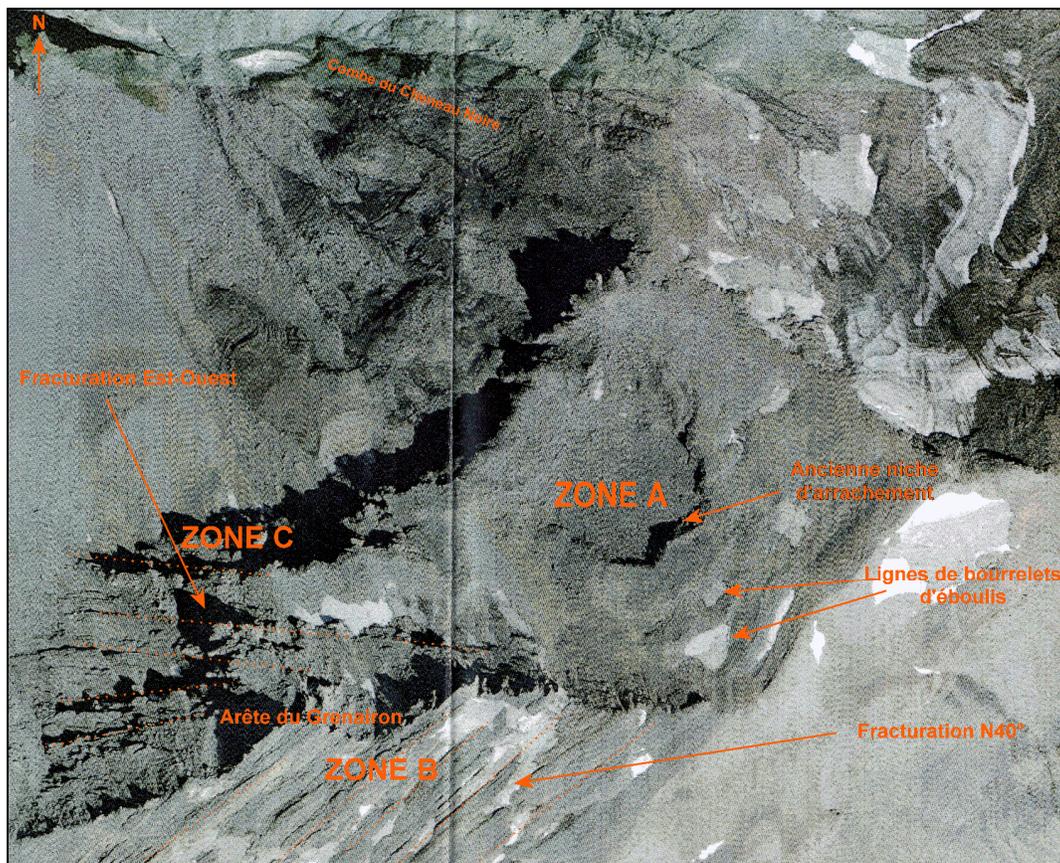


Figure 11 : Zoom de l'orthophotographie datant de 1996 (donnée RGD 74)

- **D'après les rapports RTM** en notre possession, le bassin versant du Nant des Pères a déjà été le siège dans le passé de mouvements de terrain (le premier événement connu remonterait à 1441) :
  - l'éboulement survenu en 1602 serait lié à l'écroulement d'une partie de Tête Noire qui serait venu repousser le Giffre sur sa rive droite ensevelissant au passage des habitations au Frenalay, Giffrenant, au hameau des Pellys et le village tout entier d'Entre-deux-Nants.
  - Crues torrentielles avec apport de matériaux en 1989 et 1993 (environ 25 000 m<sup>3</sup>).
- **D'après des renseignements oraux obtenus à l'université Lyon I** qui travaille entre autre dans ce secteur des Alpes du Nord, la zone source (et notamment la zone B) ne serait pas actuellement distensive.
- **En recoupant les observations avec la carte géologique n°680** (feuille Chamonix) au 1/50 000<sup>e</sup>, les formations concernées dans les zones A, B, C sont :
  - des calcaires grumeleux, en bancs réguliers et massifs de 30 cm à 2 m à interlits marneux (bien visibles dans la zone A) ;
  - des calcaires massifs à patine gris clair (bien visibles dans la zone B et C) ;
  - des éboulis (sur la majeure partie de la zone A).

Par ailleurs les formations concernées en dessous des zones de reprises entre les cotes + 2000 m et + 1400 m comportent, entre autres, des marnes et des schistes noirs marneux et argileux qu'on retrouve en blocs ou en "paquets" dans la lave torrentielle en dessous de la cote + 1400 m.

### **3. FACTEURS FAVORABLES A L'APPARITION DE MOUVEMENTS DE TERRAINS**

Compte tenu des éléments qui précèdent, il est possible de distinguer un certain nombre de facteurs à l'origine des mouvements de terrains dans le bassin versant et le haut bassin versant du Nant des Pères:

#### **3.1. DANS LES ZONES AMONT AU-DESSUS DE 2400 M**

On peut distinguer quatre facteurs principaux à l'origine de mouvements de terrains dans les zones A, B et C.

- **la fracturation préexistante** : toute la zone est marquée par deux familles de discontinuités d'orientation moyenne N110<sup>°E</sup> à pendage subvertical et N45<sup>°E</sup> 60<sup>°NW</sup>.
  - La fracturation Est-Ouest affecte tout le versant. Cette fracturation marque toute la falaise et certaines ouvertures sont récentes dans la zone C. Son origine a peut-être été initialement tectonique (parallèle à l'axe du pli passant dans les zone B et C) mais elle semble d'avantage avoir une origine gravitaire (fracturation de versant parallèle aux courbes de niveaux).
  - La fracturation SW-NE est bien exprimée dans la zone C et dans une moindre mesure dans la zone A (dalle de calcaire fracturée prêt de la crête du versant). Son origine semblerait tectonique (dans la zone B, cette fracturation se présente en faisceau de discontinuités parallèles sur plus de 300 m avec une fréquence d'une discontinuité tous les 20 à 30 m) mais reste à préciser (dans la zone B, cette fracturation est parallèle aux joints stratigraphiques et la surface topographique semble avoir été modelée par les glaciers), de même que son jeu apparent en faille normale (peut-être un jeu tardif de versant due à la décompression du massif, le pendage vers le NW de ces discontinuités, soit dans le sens de la pente du versant, faciliterait leurs ouvertures dans la zone B).

Ces fractures débitent la roche et contribuent à son instabilité qui doit essentiellement se développer lors de périodes de pluie ou en cas de cycles

gel/dégel. Les zones hautes alimentent progressivement les éboulis en contre bas des zones de reprises

- **le recul glaciaire** : la présence de bourrelets d'éboulis et de figures de tassement d'éboulis à intervalles réguliers dans la zone A (tous les 30-40 m dans le sens de la pente) font penser à un affaissement en masse du fait du recul glaciaire (surface récemment dégagée et qui se décomprime). Ce genre de tassement au sommet des versants est facilité par la fracturation préexistante (présence fractures de versant et joints tectoniques). Ce tassement semble avoir débuté avant 1996 puisque les bourrelets d'éboulis sont déjà présents sur l'orthophotographie).
  
- **la présence d'un glacier résiduel ( ou "glacier noir" )**: l'indice de glace observée dans une fissure béante à l'ouest dans la zone A indique un éventuel rôle savon (glace + eau) sous les éboulis de cette couche de glace dont l'épaisseur nous est inconnue. En effet, la disparition progressive du permafrost (sol gelé en permanence en profondeur) peut favoriser une lente reptation des zones potentiellement instables (essentiellement les zones d'éboulis). Le réchauffement climatique libère de l'eau libre qui :
  - au contact de la glace sous-jacente favorise les glissements ;
  - dans les matériaux fins conduit à une perte de cohésion du terrain (phénomène très connu dans les travaux de soutènement par congélation des sols) ;ce qui provoque l'apparition d'une véritable couche savon déstabilisatrice.  
Par ailleurs la présence de blocs de glace dans le chenal du Nant des Pères lors des événements du 2 juin (quelques blocs de l'ordre du m<sup>3</sup>) et du 3 juillet 2003 (bloc de l'ordre de 200 m<sup>3</sup>), ainsi que l'absence de glace dans le bassin versant en dessous de 2000 m, tendrait à confirmer le rôle de cette couche de glace pour le mouvement de décembre 2002.
  
- **la lithologie** : la présence d'interlits marneux dans les formations calcaires oxfordiennes inclinées dans le sens de la pente (flanc d'un pli) accroît les cisaillements éventuels bancs sur bancs. Par ailleurs le pendage des calcaires oxfordiens de 60° à 70°N (dans le sens de la pente) favorise ces mouvements bancs sur bancs (pas de linéations observées cependant sur la surface visible des bancs).

### **3.2 DANS LES ZONES DE REPRISES AU-DESSUS DE 2000 M**

Dans les zones R1, R2 et R3, il existe trois facteurs défavorables pouvant être à l'origine d'une remobilisation en masse de ces volumes considérables d'éboulis reposant en équilibre précaire sur des pentes pouvant par endroits dépasser 70°N près des falaises (deux blocs sont tombés dans ces zones lors de notre visite du 18 juillet 2003) :

- **La neige** : le poids de la neige s'ajoutant au poids propre des éboulis peut favoriser une remobilisation en masse. De même des avalanches de neige provenant de plus haut peuvent suffire à déstabiliser les zones d'éboulis.
- **Le ruissellement des eaux (de fonte ou de pluie)** favorise les mouvements sous le tapis d'éboulis d'autant plus avec de fortes pentes.
- **Des chutes de blocs ou des éboulis provenant d'au-dessus de 2400 m** peuvent également remobiliser les éboulis dans les zones de reprises.

Ces zones de reprise peuvent se déstabiliser sous la forme de grands mouvements de masse comme en témoignent les événements de 2002 et de 2003. Les matériaux instables viennent alors alimenter la zone de dépôt situé vers 1400 m en pied de falaise.

### **3.3 DANS LES ZONES DE FALAISES ENTRE 1400 M ET 2000 M**

Le principal facteur connu à l'origine de chutes de blocs dans cette zone est la **lithologie**. En effet, la présence de bancs marneux et de schistes marneux ou argileux en alternance avec des bancs calcaires dans des pentes très raides (d'autant plus que les pendages apparents sont dirigés vers la vallée) favorise la désagrégation de blocs calcaires (cisaillements aux interbancs) et facilite l'abrasion torrentielle du Nant des Pères.

Nous n'avons malheureusement aucune donnée sur la fracturation de versant dans cette zone et qui est présente vraisemblablement.

### **3.4 DANS LE CHENAL EN DESSOUS DE 1400 M**

De façon générale, plusieurs facteurs sont à l'origine de mouvements de masse sous forme de laves torrentielles :

#### ***3.4.1 Les facteurs de prédisposition :***

- **la pente** : Les laves torrentielles correspondent à un phénomène qui est guidé par des conditions gravitaires. En effet, le comportement d'une lave torrentielle est proche de celui d'un fluide. A ce titre, de fortes pentes (soit la pente moyenne du versant, soit la pente du dépôt d'accumulation) sont favorables à une amorce violente de la lave torrentielle. plus son énergie de départ sera élevée, plus la lave aura un fort pouvoir érosif et se propagera loin.

*A ce titre, la pente moyenne en pied de la falaise du fer à cheval dépasse souvent 25° ce qui se révèle être favorable au départ de laves torrentielles.*

- **la granulométrie des dépôts** : Les études générales faites sur les laves torrentielles ont mis en évidence que la granulométrie des matériaux mobilisés s'inscrit dans des fuseaux précis. En particulier, sur la fraction de moins de 20 mm (argiles, silts, sables et graves fines à moyennes), le passant à 50 µm (argiles et silts) doit être compris entre 16 % et 40 %. Cela signifie que la proportion de fines doit être non négligeable. Ceci s'explique par le fait que cette fraction de la matrice se mélange de façon homogène avec l'eau interstitielle dans la lave torrentielle afin de constituer un fluide dense dans lequel les blocs grossiers pourront se mettre en suspension. Trop peu de fines ne permettra pas la mobilisation en masse de gros blocs, et trop de fines conduira à une matrice trop visqueuse. De même, la proportion en particules argileuses (< 2 µm) ne doit pas être trop forte.

Pour récapituler, les matériaux propices au développement de laves torrentielles doivent contenir une matrice silto-sableuse abondante.

L'examen des matériaux situés dans le lit et de part d'autre du chenal du Nant des Pères montre :

- d'une part que les matériaux récemment déposés lors des laves torrentielles de 2002 et 2003 présentent une matrice silto-sableuse noirâtre abondante confirmant les études générales de prédisposition ;

- d'autre part que les dépôts de part et d'autre du chenal ont une nature similaire, ce qui confirme leur prédisposition à être mobilisés en lave torrentielle. Par ailleurs, l'absence de grano-classement dans ces formations latérales semblerait démontrer qu'il s'agit de témoignages d'anciennes laves torrentielles s'étant accumulées depuis la dernière ère glaciaire.

Cette matrice silto-argileuse noirâtre doit provenir d'une part de l'altération et du démantèlement des calcaires et des schistes et d'autre part des interbanes marneux au sein des formations calcaires.

*En conséquence, le site d'étude, que ce soit dans la partie amont, ou dans la partie en pied de falaise, présente des prédisposition granulométriques marquées vis à vis du développement de laves torrentielles.*

- **L'abondance des volumes mobilisables** : Suite à l'examen de la zone située en pied de falaise à 1400 m, il est probable qu'une zone d'accumulation se soit formée à la base de la paroi, périodiquement alimentée par les éboulis situés plus haut. Cette zone d'accumulation devait contenir plusieurs dizaines de milliers de m<sup>3</sup> de matériaux propices à une mobilisation en lave torrentielle. De plus les dépôts traversés par le Nant des Pères, qui sont aisément remobilisables (cf. paragraphe précédent) constituent une source considérable de matériaux. Enfin les éboulis en haut de falaise, qui alimentent périodiquement les dépôts en contrebas, constituent la source principale de matériaux instables.

*Par conséquent, le site du Nant des Pères présente une réserve très importante de matériaux mobilisables en laves torrentielle.*

- **La végétation** : *l'absence de végétation au sommet de la falaise, en pied de paroi au niveau du dépôt s'accumulant et sur les berges du chenal du Nant des Pères favorise la déstabilisation et la remobilisation des matériaux.*

- **Le climat et le réseau hydrographique** : *Le climat continental de Montagne, généralement marquée par l'absence de longues périodes très sèches, et le Nant des Pères en s'écoulant la majeure partie de l'année, contribuent à maintenir une teneur en eau minimale dans les dépôts situés sous la cote 1400. Ce facteur est également favorable à la génération de laves torrentielles. Toutefois, on notera que les laves torrentielles ne nécessitent pas de respecter de très fortes teneurs en eau. Des études générales ont démontré qu'une teneur en eau située entre 10 et*

45 % (selon la nature des matériaux) est nécessaire au développement de laves torrentielles. En dessous, le matériau est trop visqueux, au-dessus l'abondance d'eau fait passer le phénomène dans la gamme des écoulements torrentiels hyperconcentrés qui sont moins dévastateurs.

### **3.4.2 Les facteurs déclenchants :**

Il existe plusieurs types de facteurs déclenchants principaux, pour l'essentiel liés à des épisodes pluvieux. Cependant, on notera que pour être initiée, une lave torrentielle doit impérativement être associée à un phénomène dynamique (éboulement, glissement de terrain, orage, ruissellements violents ..) qui procurera l'énergie nécessaire pour provoquer le développement de la matrice fluide biphasée (liquide + solide).

- **les précipitations de forte intensité** : La grande majorité des laves torrentielles sont précédées ou synchrones d'orages violents ou d'épisodes pluvieux très forts. Les plus grosses laves torrentielles sont souvent également précédées d'une période assez longue de pluies répétées (de moins grande intensité) favorisant l'humidification des terrains et les remontées de nappe, l'orage étant alors l'épisode déclenchant ultime.

Les orages ont plusieurs effets : pouvoir d'érosion superficiel important, humidification des terrains, ruissellement abondant avec des vitesses très rapides, mise en charge rapide des cours d'eau. Les orages suffisent généralement, soit à provoquer un glissement de terrain ou un éboulement qui alimentera la lave en interceptant un cours d'eau, soit à entraîner un volume considérable de matériaux par érosion superficielle, par érosion de berge ou par liquéfaction directe, soit à mettre en charge très rapidement des retenues en arrière d'embâcles naturelles.

- **les glissements de terrain et les éboulements** : Ceux-ci peuvent être initiés par différents phénomènes (élévation du niveau de la nappe, déforestation, terrassements, gel-dégel, fonte des neiges ...). Si ces matériaux glissés interceptent un cours d'eau dont le débit est assez fort, une lave torrentielle peut se développer aisément.

- **les avalanches neigeuses** : Il n'existe pas de témoignage démontrant qu'une avalanche est directement à l'origine d'une lave torrentielle. Toutefois, ce type de phénomène peut, du fait de l'énergie libérée, provoquer la déstabilisation d'éboulis qui, mélangés à de la neige plus ou moins vaporisée, vont pouvoir se transformer en lave torrentielle. *Il est probable que ce phénomène soit à l'origine de l'événement de décembre 2002.*
  
- **les débâcles ou ruptures de barrages naturels** : Dans le lit d'un cours d'eau, les dépôts peuvent obstruer le passage de l'eau et provoquer l'apparition d'une retenue derrière laquelle un lac naturel va se développer. Si l'eau monte trop haut, une rupture brutale de l'embâcle peut survenir provoquant la génération d'une lave torrentielle.

Le processus de déclenchement est souvent complexe et correspond généralement à la conjonction de plusieurs phénomènes.

#### **4. SCENARIO DU MOUVEMENT DE DECEMBRE 2002 : DE L'EFFONDREMENT ROCHEUX A LA LAVE TORRENTIELLE**

Sachant que le volume de matériaux déposés en bas est de l'ordre de 200 à 300 000 m<sup>3</sup> et que la surface dans la zone A concernée par cet effondrement (observations du 18 juillet) est de l'ordre d'une quinzaine d'hectares, il a certainement fallu mobiliser des matériaux en dessous de la cote + 2425 m.

La coulée de matériaux, constituée d'éboulis, de blocs calcaires (provenant de la dalle décapée et fracturée vers +/- 2600 m), de neige et de glace, s'est vraisemblablement nourrie au fil de sa descente, en mobilisant tout d'abord les éboulis accumulés en pied de pente (zone R1 dans la combe dite du Cheneau Noire) puis en arrachant probablement des matériaux marneux et schisteux (schistes marneux et argileux) entre les cotes + 2000 m et + 1400 m.

Il est ensuite très probable, qu'étant donné l'énergie cinétique de ces matériaux arrivant en pied de falaise vers la cote + 1400 m, il y ait eu rupture du verrou d'accumulation de matériaux et remobilisation d'anciens dépôts, en témoigne les lignes d'arrachement observées à partir de la cote + 1200 m ; ce qui expliquerait les volumes considérables mis en jeu par rapport aux volumes initiaux provenant de la zone source au-dessus de la cote + 2400 m.

Il demeure cependant des incertitudes quant :

- aux conditions climatiques qui ont précédé l'événement de décembre 2002. Cela a des implications notamment entre autre pour la teneur en eau de la matrice des dépôts mobilisés en dessous de la cote + 1400 m. Il n'est pas impossible également qu'il existait qu'une retenue d'eau vers la cote + 1400 m.
- au facteur déclenchant dans la zone source. Cela a pu être, aussi bien comme il est évoqué dans un rapport RTM une coulée de neige lourde (s'ajoutant au poids propre des éboulis), que la conjonction des différents facteurs favorables à l'apparition de mouvements dans cette zone (fracturation préexistante, recul glaciaire, glacier résiduel et lithologie). Le mécanisme s'initiant alors généralement à la faveur d'une rupture dans la roche, ce qui serait assez cohérent avec la fracturation de la dalle calcaire observée vers 2600 m.

Les épisodes du printemps 2003 sont pour leur part probablement liés à des évènements pluvieux.

## **5. IDENTIFICATION DES ZONES INSTABLES ET EVOLUTION PROBABLE**

Les observations du 18 et du 29 juillet 2003 ainsi que les différentes données sur les mouvements qui ont affecté le bassin versant du Nant des Pères, on peut craindre :

- **A court terme, de nouveaux départs en masse dans la partie Ouest de la zone A** qui montre une fracturation Est-Ouest ouverte marquée et un tapis d'éboulis en équilibre précaire. Il est probable par ailleurs que le tassement du versant va continuer et que de nouveaux départs en masse vont se produire.
- **A court terme, des départs de blocs dans la zone C.** Ces blocs d'un volume pouvant être considérable appartiennent aux falaises de la zone C parcourue par les discontinuités Est-Ouest, béantes à plusieurs endroits.
- **A moyen et plus long terme, des départs de matériaux dans la zone B.** A plus long terme, l'ouverture des fractures SW-NE va s'accroître et le front de falaise va reculer comme cela s'est produit à l'Ouest de l'Arête du Grenairon (à l'aplomb de la zone R2).

**Au total, c'est une zone de plus de 30 ha (zones A, B et C) qui est concernée par les d'éboulements rocheux pouvant par la suite se transformer en coulée.**

Il faut également signaler à **court terme de nouveaux départs dans les zones de reprises (zones R1, R2 et R3)** étant donné les quantités de matériaux accumulés en équilibre précaire.

Enfin, **entre les cotes + 1000 m et + 1400 m, de quantités importantes de matériaux accumulés dans le lit du Nant des Pères peuvent être remobilisés** comme cela à été le cas par le passé, soit à la suite de conditions climatiques propices, soit à la suite de nouvelles chutes importantes de matériaux provenant de l'amont. On notera que du fait des modifications climatiques affectant la région, on peu craindre une augmentation de la fréquence d'occurrence des laves torrentielles, la

ressource en terme de matériaux mobilisables étant très loin d'être épuisée. En effet, le recul glaciaire devrait s'accroître et les épisodes orageux violents être plus fréquents.

Par ailleurs, **d'après les services RTM**, un examen de photos d'archives a permis d'observer que l'amorce du glissement de matériaux rocheux de 1997 s'est produit à l'ouest de la zone amorce de l'événement de décembre 2002. Or en 1984, il n'est pas observé de trace nette de décrochement dans cette zone. **Ainsi, on est peut-être devant un phénomène qui s'accélère depuis une vingtaine d'années.** Cela demanderait à être confirmé par un suivi régulier du site (par photographie aérienne par exemple), mais nul doute que ce versant dans sa partie amont va subir dans les années à venir, étant donné les éléments qui précèdent, des modifications.

## **6. RECOMMANDATIONS**

### **6.1 MESURES IMMEDIATES**

Il convient d'attendre l'impact des orages d'été et des pluies d'automne afin de mieux évaluer le comportement du phénomène et les risques encourus. Pour cette raison, nous demandons que les mesures d'interdiction aux véhicules de la route accès au Plan des Lacs, et que la fermeture du camping municipal (arrêté préfectoral) soient maintenues jusqu'à nouvel ordre.

### **6.2 SURVEILLANCE ET MOYENS D'ALERTE AUTOMATISES**

Après examen de la problématique, **nous pensons que la mise en place de dispositifs de surveillance et de moyens d'alerte automatisés n'est pas adapté au contexte du site** pour les raisons suivantes :

- difficulté d'accès et donc d'installation et de maintenance de capteurs dans la partie haute du versant ;
- difficulté de détecter et de quantifier des signes avant-coureur d'un éboulement imminent de grande ampleur, sauf à mettre en place un dispositif très complexe qui serait hors proportion par rapport aux moyens disponibles et surtout par rapport à d'autres techniques de prévention beaucoup moins onéreuses ;
- rapidité du phénomène : le RTM 74 a estimé qu'un délai de moins d'une demi-heure s'écoule entre un éboulement de grande ampleur et l'arrivée de la lave torrentielle au droit du premier pont. Cela laisse très peu de temps pour interpréter les mesures faites par les capteurs, déclencher l'alerte et s'assurer que le public est hors de danger.

En conséquence, nous recommandons de retenir des moyens de prévention plus classique basés sur un aménagement des accès aux sites à enjeux et le déplacement des équipements les plus exposés.

## **6.3 MESURES DE PREVENTION PRECONISEES**

### ***6.3.1 Avant propos***

Les propositions qui suivent devront être précisées au vu du comportement du site lors des prochains épisodes pluvieux importants.

### ***6.3.2 Mesures générales***

Afin d'éviter tout débordement systématique lors d'une prochaine lave torrentielle importante et de limiter le volume de matériaux remobilisables, nous recommandons de procéder à un curage du lit du Nant des Pères et du Nant des Joathons après chaque événement important. De plus, une étude devra être menée afin d'évaluer le risque supplémentaire d'inondation engendré plus en aval du fait des dépôts s'étant étalés sur plusieurs kilomètres.

Par ailleurs, la levée de matériaux située entre le lit amont du Nant des Pères et la branche s'écoulant vers le Nant des Joathons devra être maintenue en bon état afin de limiter le risque de basculement d'une prochaine lave vers le Nant des Joathons.

De plus, la digue rive gauche protégeant le camping devra être vérifiée et, si nécessaire, être confortée après chaque lave torrentielle importante. Il en est de même pour les ouvrages de franchissement sur le Nant des Pères et sur le Nant des Joathons. Concernant les ouvrages de franchissement, il est recommandé de mettre en place des gardes corps "fusibles" ne constituant pas un obstacle à l'écoulement de la lave.

Aucun sentier pédestre ne devra être ouvert.

### ***6.3.3 Plan des lacs***

Etant données que les constructions réparties autour du plan des lacs sont "protégées" par une vaste étendue qui, en cas de lave torrentielle débordant dans le Nant des Joathons, servira de zone de dissipation cassant les vitesses du phénomène, nous estimons que les 2 restaurants et le centre équestre sont relativement peu exposés.

Toutefois, la route d'accès menant au plan des Lacs devra impérativement rester fermée, au minimum aux véhicules particuliers. Seuls les piétons et les bicyclettes pourront pénétrer sur le site. Cette mesure permettra d'éviter que la route ne soit interceptée par une lave torrentielle alors qu'un flot continu de véhicules circule, empêchant toute solution d'évacuation rapide.

L'accès de cars pourra être réglementé (interdit les jours de pluie, départ fragmenté) sous réserve qu'ils ne s'arrêtent pas sur la route d'accès et que des emplacements de stationnement leurs soient réservés sur le plan des Lacs le plus loin possible des cours d'eau.

On soulignera que des aires de stationnement pour les véhicules particuliers devront être aménagées dans des zones sûres en aval du point neutralisé.

Un affichage devra être prévu à l'entrée du site afin de prévenir toute personne des dangers encourus.

#### ***6.3.4 Camping municipal***

Du fait de la courbure du lit du Nant des Pères, de la digue existante en rive gauche et de la morphologie des berges plus en amont, le camping municipal est assez peu exposé à une lave torrentielle. Toutefois, nous recommandons de déplacer, de façon à s'écarter du cours d'eau et de se positionner plus en hauteur, toutes les emplacements de camping pour les tentes et les caravanes. Les installations fixes à usages temporaires : sanitaires, douches, évier ... pourront être à moyen terme (2 ou 3 ans) maintenus à leur emplacement actuel.

A noter qu'avant de pouvoir ouvrir le camping, le lit du cours d'eau devra être curé en cas de nouvelle lave torrentielle.

## **7. CONCLUSIONS**

Dans le cadre de sa mission de service public, le BRGM est intervenu à deux reprises le 18 et le 29 juillet 2003 sur la commune de Sixt-Fer-A-Cheval (Haute Savoie) afin de fournir un complément d'expertise sur le mouvement de terrain d'ampleur survenu le 16 décembre 2002 dans le bassin versant du Nant des Pères.

Ce mouvement, apparemment amorcé dès 1997, s'est initié entre les altitudes + 2800 m et + 2400 m dans une zone très fracturée (deux familles principales de discontinuités), fortement inclinée et marquée par un tassement de versant (recul glaciaire) et la présence d'un éventuel glacier résiduel sous le tapis d'éboulis encore en place. Une dalle de calcaire oxfordien, fracturée vers +/- 2600 m, a été décapée de son tapis d'éboulis à l'Est de la zone A.

La coulée constituée d'éboulis, de blocs calcaires, de neige et de glace, s'est vraisemblablement nourrie au fil de sa descente, en mobilisant tout d'abord les éboulis accumulés en pied de pente (zone R1 dans la combe dite du Cheneau Noire) puis en arrachant probablement des matériaux marneux et schisteux (schistes marneux et argileux) entre les cotes + 2000 m et + 1400 m. Il est ensuite très probable qu'il y ait eu, à partir de la cote + 1400 m, rupture du verrou d'accumulation de matériaux et remobilisation d'anciens dépôts, ce qui expliquerait les volumes considérables mis en jeu par rapport aux volumes initiaux provenant de la zone source.

Les observations des zones amont (zones A, B et C) montrent que le versant alimentant le Nant des Pères est en évolution et qu'à court terme de nouveaux effondrements rocheux en masse vont survenir dans la partie Ouest de la zone A, ainsi que dans la zone C. A moyen et plus long terme, ce sont des départs très probables dans la zone B qui surviendront. Ces départs dans les zones A, B et C ne vont faire qu'aggraver l'équilibre précaire des éboulis des zones de reprises (zones R1, R2 et R3) qui comportent elles aussi des risques d'éboulements à court terme.

Enfin ces éboulements, venant des zones amonts (zones A, B C) ou des zones de reprises (zones R1, R2, R3), sont la source d'apports de nouveaux matériaux dans le Nant des Pères alors engravé (engravements du 19/05/03, 17/06/03, 03/07/03). Suivant leurs volumes et suivant les conditions climatiques, ces nouveaux apports de

matériaux peuvent induire une lave torrentielle et une remobilisation des dépôts accumulés dans le lit du Nant des Pères entre les cotes + 1000 m et + 1400 m ; la matrice de ces dépôts étant du reste de par sa nature (glaciaire ancien entre autre) mobilisable si sa teneur en eau le permet.

En conséquence, afin de mieux évaluer le comportement du massif après l'impact des orages d'été, nous demandons que les mesures d'interdiction aux véhicules de la route accès au Plan des Lacs, et que la fermeture du camping municipal (arrêté préfectoral) soient maintenues jusqu'à nouvel ordre.

Sachant par ailleurs que les moyens d'alerte automatisés ne sont pas adaptés au contexte du site, nous recommandons de retenir des moyens de prévention plus classique basés sur un aménagement des accès aux sites à enjeux et le déplacement des équipements les plus exposés. Quant aux mesures de prévention préconisées (curage fréquent du lit du Nant des Pères après chaque évènement, fermeture de la route d'accès au Plan des Lacs, , cf § 6.3), elles devront être précisées au vu du comportement du site lors de prochains épisodes pluvieux importants.



**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemain  
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France  
Tél : 02.38.64.34.34

**Service géologique régional Rhône-Alpes**  
151 Bl Stalingrad  
69626 Villeurbanne Cedex - France  
Tél : 04.72.82.11.50