

**Commune de Faucon-de-Barcelonnette (04)**

**La lave torrentielle du torrent de Faucon  
du mardi 5 août 2003**

**Analyse Morphologique**

**Rapport de visite du 12 au 15 août 2003  
et du 1<sup>er</sup> au 3 septembre 2003**

**Rapport provisoire**

**Institut de Physique du Globe**

**Equipe « risques naturels »**

**IPGS-EOST, UMR 7516  
5, rue Descartes  
F - 67084 STRASBOURG CEDEX**

**Alexandre Remaître  
Olivier Maquaire  
Jean-Philippe Malet**

## Tables des matières

1. Les évènements du 5 août 2003 : description .....	4
1.1. Restitution des évènements du 5 août 2003 rapportés par les témoins oculaires.....	4
1.2. Les observations sur le torrent de Faucon (12-14 août 2003 et 1-3 septembre 2003).....	6
1.2.1. Zone A1 : De la confluence avec l'Ubaye (1 170 m) au Châtelaret (1 250 m) : Dépôt ..	6
1.2.2. Zone A2 : Du Châtelaret (1 250 m) au seuil 6 (1 340 m) : Dépôt.....	7
1.2.3. Zone B1 : du seuil 6 (1 340 m) au seuil 40 (1 715 m) : Incision .....	7
1.2.4. Zone B2 : du seuil 40 (1 715 m) au seuil 43 (1 785 m) : Incision .....	7
1.2.5. Zone C1 : du seuil 43 (1 785 m) au seuil 55 (2 035 m) : Dépôt et incision.....	8
1.2.6. Zone C2 : du seuil 55 (2 035 m) au seuil 63, (2 120 m) : indéterminé .....	8
1.3. Les observations sur le torrent de Champerousse (1-3 septembre 2003).....	8
1.3.1. Zone D : de la confluence (1 690 m) au passage à gué (1 750 m) : Dépôt.....	8
1.3.2. Zone E : du passage à gué (1 750 m) à la rupture de pente (1 960 m) : Incision .....	9
1.3.3. Zone F : bassin de réception (1 960 m à 2 400 m) : Incision.....	9
1.4. Les observations sur le versant instable des Trois Hommes entre le torrent de Faucon et le torrent de Champerousse .....	9
1.5. Les dommages .....	10
2. Analyses granulométriques et comparaisons avec des évènements récents.....	10
3. Synthèse et discussions .....	11
4. Conclusion et perspectives.....	15
Orientation bibliographique.....	16
Annexes : Planches photographiques .....	17

## Tables des figures

Figure 1 - Localisation des torrents de Faucon et du Bourget dans le Bassin de Barcelonnette .....	3
Figure 2 – Dépôts et débordements de la lave torrentielle du mardi 5 août 2003 (en orange) et localisation des trois ponts sur le cône de déjection du torrent de Faucon.....	4
Figure 3 – Coupes schématiques du torrent de Faucon, 10 m à l'amont du pont V.C.3. (a) et au droit du pont V.C.3 (b) .....	5
Figure 4 – Profils en long des torrents de Faucon et de Champerousse.....	6
Figure 5 – Coupe transversale (vue vers l'aval) du torrent de Faucon (Zone B1), à l'amont immédiat de la confluence avec le torrent de Champerousse (1 700 m).....	7
Figure 6 – Coupe transversale (vue vers l'aval) du torrent localisée une vingtaine de mètres à l'amont du seuil 60.....	8
Figure 7 – Coupe transversale (vue vers l'amont) du chenal emprunté par la lave torrentielle des Trois Hommes .....	9
Figure 8 – Triangle textural (classification USGS) représentant les différents évènements observés depuis 1996 sur le bassin versant du torrent du Faucon .....	11
Figure 9 – Schéma synthétique de fonctionnement de l'évènement torrentiel du 5 août 2003 dans le bassin versant du Faucon.....	12
Figure 10 – Planche photographique : vue vers l'amont depuis le pont de l'apex (Sept. 1998, Juin 2002 et Août 2003).....	14
Figure 11 - Carte de localisation des photographies.....	18

## La lave torrentielle du mardi 5 août 2003 sur le torrent du Faucon

### Rapport de visite : 12-15 août et 1-3 septembre 2003

Le mardi **5 août 2003** deux importantes laves torrentielles se sont déclenchées quasiment simultanément dans les torrents du **Bourget** et du **Faucon**, situés sur le versant adret (Fig. 1) du Bassin de Barcelonnette (Alpes-de-Haute-Provence). Suite à un **violent orage**, les deux torrents ont débordé de leur lit avec pour conséquence l'interruption de la circulation sur la R.D. 900 pendant plusieurs heures. Sur le cône de déjection du Faucon, au lotissement du Bérard situé à quelques mètres du torrent, **les jardins d'une demi-douzaine de maisons ont été envahis par la boue** sur une épaisseur moyenne de 1 m.

Le torrent de Faucon est localisé dans le secteur concerné par les recherches engagées par l'équipe « Risques Naturels » de l'institut de Physique du Globe et étudié par Alexandre Remaître dans le cadre d'une thèse de doctorat (thèse financée pour partie par le programme de recherche « ECLAT » du P.N.R.N. de l'Institut National des Sciences de l'Univers et par le programme européen « ALARM » du 5<sup>ème</sup> PCRD).

Après avoir décrit successivement **les circonstances** de cet évènement, **les dépôts** et les principaux désordres et dégâts occasionnés, sur la base des témoignages, de nos observations et de notre expérience de ce type de phénomène dans les Terres Noires, nous discuterons **les principales causes du déclenchement** de cette lave torrentielle. Nous donnerons également quelques éléments de comparaison à partir des derniers évènements survenus sur ce torrent.

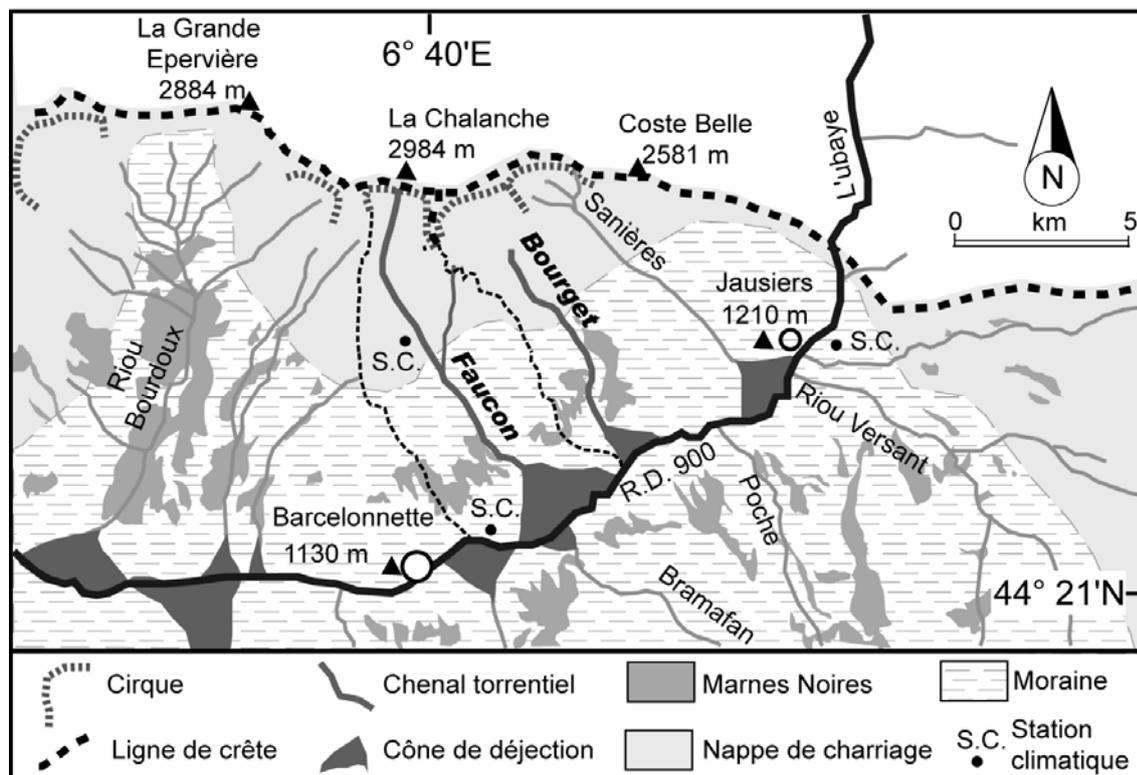


Figure 1 - Localisation des torrents de Faucon et du Bourget dans le bassin de Barcelonnette

Les témoignages ont été recueillis et les observations faites par Alexandre Remaître entre le mardi 12 et le vendredi 15 août 2003 et par Olivier Maquaire et Alexandre Remaître le lundi 1<sup>er</sup> et le mardi 3 septembre 2003.

Avant tout, signalons que seulement quelques zones étaient accessibles en août en raison :

- ❑ de l'existence de dépôts encore très meubles (près d'une semaine après l'événement) qui empêchaient de remonter certains biefs du torrent ;
- ❑ de la coupure de certaines voies d'accès par la lave (pont, chemins forestiers) ;
- ❑ de l'état impraticable, sans véhicule 4x4, de certains chemins forestiers (boue, flaques d'eau résiduelles).

## 1. Les évènements du 5 août 2003 : description

Les torrents du Bassin de Barcelonnette sont « épisodiquement » le siège de laves torrentielles et/ou de crues torrentielles. Les derniers évènements majeurs recensés qui ont affecté le torrent de Faucon (commune de Faucon de Barcelonnette) sont la lave torrentielle d'août 1996 et la crue torrentielle de juin 2002.

### 1.1. Restitution des évènements du 5 août 2003 rapportés par les témoins oculaires

La reconstitution des faits est basée sur les témoignages des habitants du lotissement du Bérard et des services de la R.T.M. (Mr Guité et Mr Peyron).

D'après les témoignages, le 5 août 2003, aux alentours de 18h, un violent orage a éclaté sur le Bassin de Barcelonnette. La cellule orageuse était localisée sur le versant adret entre Barcelonnette et Jausiers (Fig. 1). Sur les hauteurs du bassin, les précipitations seraient tombées principalement sous forme de **grêle**. Vers 18h, le débit des torrents a gonflé brutalement. Les témoignages des habitants du domaine du Bérard permettent de décrire correctement l'événement pour le torrent du Faucon.

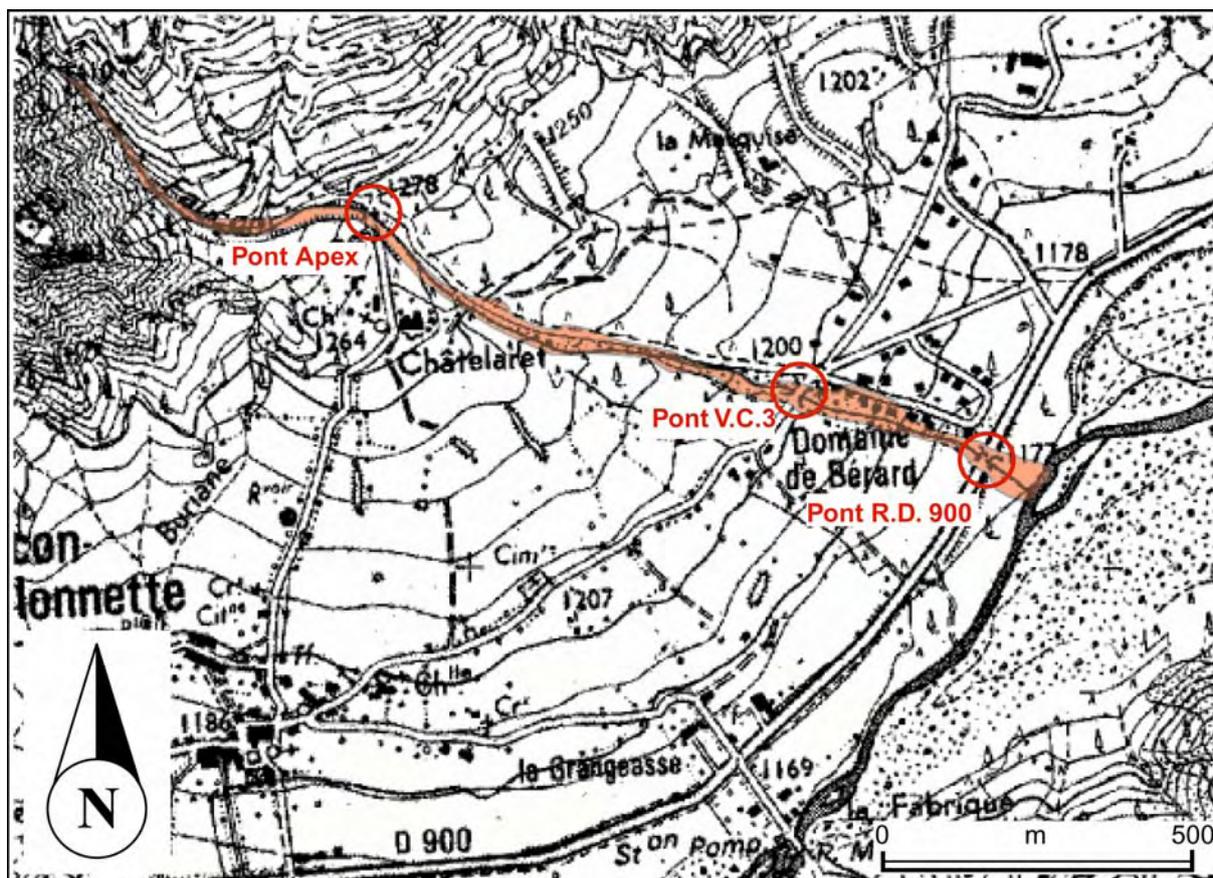


Figure 2 – Dépôts et débordements de la lave torrentielle du mardi 5 août 2003 (en orange) et localisation des trois ponts sur le cône de déjection du torrent de Faucon.

Les eaux chargées ont rapidement fait place à un « écoulement boueux » charriant des éléments plus grossiers. En 5 minutes, **une dizaine de bouffées de laves** s'est succédée. Si les premières vagues n'ont pas débordé, la dernière vague plus haute que les autres a largement débordé au droit du pont V.C.3. (Fig. 2) où les berges ont une hauteur proche de 2 m. La hauteur de cette vague a été estimée « à 6,50 m » par un témoin qui ne voyait plus alors la cime des arbres bordant le chenal torrentiel. Notons toutefois que cette hauteur est largement surestimée en raison de l'effet d'optique lié à la configuration topographique du site. Un témoin indique que les débordements se sont produits à la suite d'un **engorgement progressif du pont V.C.3**. A cet endroit, les culées du pont font office de goulot d'étranglement en rétrécissant la largeur du lit de 5,5 m à 3,5 m, réduisant ainsi la section mouillée de moitié (Fig. 3). Les matériaux se sont accumulés à l'amont du pont. La dernière bouffée (plus imposante que les précédentes) a alors largement débordé en emportant au passage le tablier du pont.

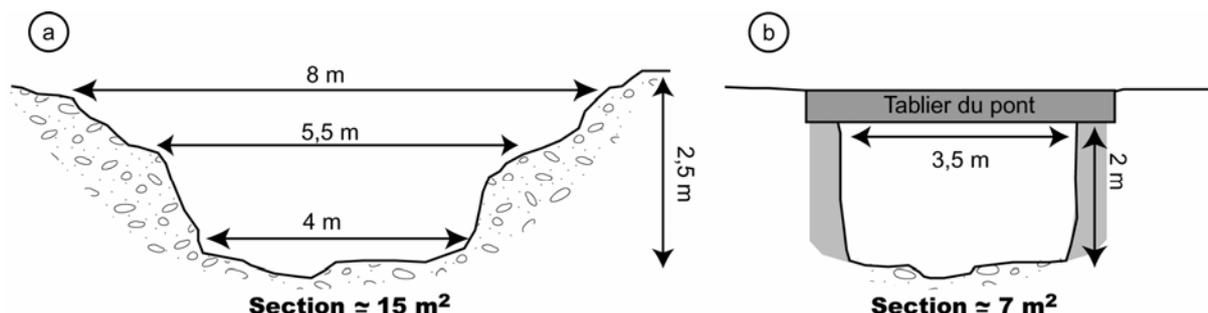


Figure 3 – Coupes schématiques du torrent de Faucon, 10 m à l'amont du pont V.C.3. (a) et au droit du pont V.C.3 (b)

**La vitesse de la lave a été estimée** par les témoins à  $10 \text{ m.s}^{-1}$  (objets flottants). Le « mélange boueux » a alors envahi les jardins des maisons situées à quelques mètres du torrent.

Les **débordements** au droit du domaine de Bérard ont recouvert une surface comprise entre 2 500 et 3 500  $\text{m}^2$ , sur une épaisseur comprise entre 0,50 et 1,50 m, soit un volume estimé compris entre 1 500 et 5 000  $\text{m}^3$ .

Le pont de la R.D. 900 a été submergé sur plus d'un mètre coupant la route pendant plusieurs heures. Si la lave torrentielle n'a duré que quelques minutes (entre 5 et 10 min), elle a occasionné de nombreux dégâts par ses débordements.

Les zones non accessibles en août ont été étudiées lors de la deuxième visite du 1<sup>er</sup> au 3 septembre 2003. Les observations sont précisées de l'aval vers l'amont, en distinguant plusieurs zones aux caractéristiques morphologiques plus ou moins homogènes. Nous avons distingué des zones où les **phénomènes de dépôts prédominent (D.)**, des zones où **l'incision prédomine (I.)** et des zones au **fonctionnement intermédiaire** où les deux phénomènes peuvent être observés (**D.I.**), ou bien encore des zones au fonctionnement **indéterminé (ind.)**.

Ces zones, identifiées lors des deux visites de terrain, ont été reportées sur les profils en long (Fig. 4) des deux torrents (Faucon et Champerousse).

Les observations sont reportées sur la carte morphologique du bassin torrentiel du Faucon (Annexe, planche A3 hors texte).

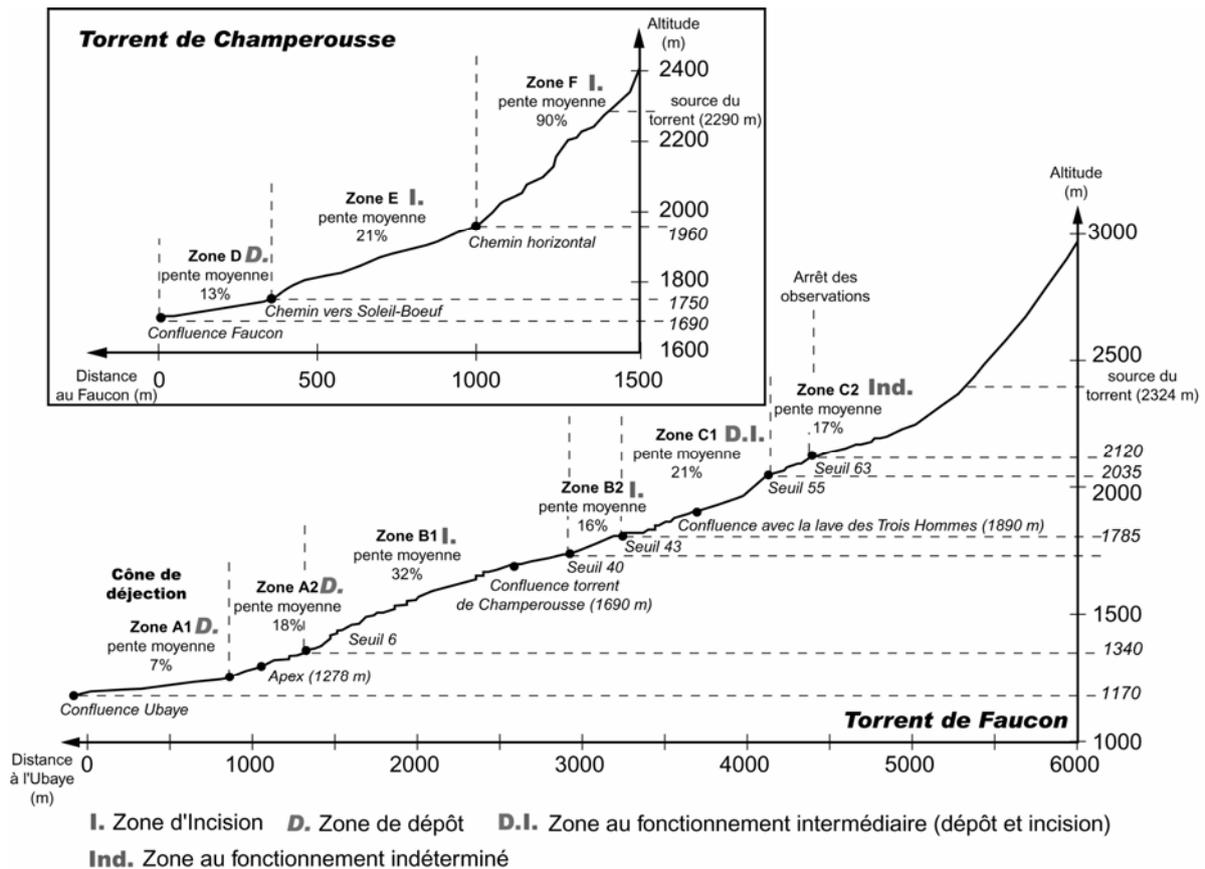


Figure 4 – Profils en long des torrents de Faucon et de Champerousse

### 1.2. Les observations sur le torrent de Faucon (12-14 août 2003 et 1-3 septembre 2003)

Trois zones principales sont distinguées chacune subdivisée en deux sous-zones pour bien faire apparaître des nuances : zone A, dépôt ; zone B, incision et zone C, intermédiaire et indéterminé.

#### 1.2.1. Zone A1 : De la confluence avec l'Ubaye (1 170 m) au Châtelaret (1 250 m) : **Dépôt**

A la confluence avec l'Ubaye, un cône-delta a été formé par la lave du 5 août. Il a été rapidement érodé par l'Ubaye, néanmoins ses dimensions atteignent près de 50 m de long pour une centaine de large. Son épaisseur varie de 1 à 2,50 m.

D'imposants dépôts recouvrent l'ensemble du chenal torrentiel. Caractérisés par une matrice d'éléments fins (matrice limono-sableuse à sablo-argileuse) renfermant des éléments plus grossiers, ils forment des **levées perchées à 2 à 3 m de hauteur par rapport au chenal pour une largeur variant de 2 à 10 m. Les dépôts sont indurés.**

**De multiples traces de débordement** sont observées sur les deux rives du torrent dans les zones forestières contiguës (Photo 1) et principalement en rive gauche le long du lotissement du Bérard (Photo 2 et 3) et au droit du Châtelaret. Leur extension est indiquée sur la Fig. 2. Par exemple :

- ❑ **Au pont sur la R.D. 900**, les traces de boue sont encore visibles sur le tablier ainsi que sur les abords du chenal avec des traces de boue retrouvées à une hauteur de 1,50 à 2 m sur les troncs des arbres environnants. Les dépôts se retrouvent de part et d'autre du chenal jusqu'à 50 m à l'intérieur de la forêt ;
- ❑ **Au lotissement du Bérard**, au droit du pont V.C.3. (Photo 4), dont le tablier en bois a été complètement arraché (cf. description des dégâts), le mélange boueux s'est étalé principalement le long de la rive gauche ;
- ❑ **Au droit du Châtelaret**, à la faveur d'un changement de direction marqué du chenal vers le Sud, et d'une berge d'une faible hauteur (environ 1,50 m), des débordements sont observés sur la rive gauche. Les dépôts se sont propagés le long du chemin contiguë.

### 1.2.2. Zone A2 : Du Châtelaret (1 250 m) au seuil 6 (1 340 m) : **Dépôt**

Entre le Châtelaret et le pont de l'apex, les écoulements torrentiels ont été contenus dans le chenal en raison de la hauteur des berges (4 à 5 m). Ainsi, **contrairement à la zone précédente**, aucun débordement majeur n'a été observé, sauf **au pont de l'apex** (chemin d'accès vers Bouzoulières) où des traces de débordements sont observées (Photo 5) : (i) sur le tablier du pont recouvert de boue, (ii) en rive gauche provoquant un affouillement de la culée du pont, (iii) sur la partie amont gauche de la rambarde du pont qui a été arrachée.

**Des dépôts de laves torrentielles** sont observés sur toute la longueur de cette zone A2. Les anciennes berges torrentielles et les bas de versants ont été partiellement ou entièrement recouverts par **des dépôts indurés**. Ces dépôts se retrouvent jusqu'à une hauteur de 4 m au-dessus du chenal torrentiel, comme par exemple au droit du virage du Châtelaret. Les berges torrentielles et les versants laissent apparaître dans les parties les plus pentues du chenal des cicatrices d'arrachement et/ou des traces de sapements de berge.

### 1.2.3. Zone B1 : du seuil 6 (1 340 m) au seuil 40 (1 715 m) : **Incision**

**Le chenal torrentiel incisé dans les marnes noires** a été **profondément érodé**. Sur une longueur de plus de 1 000 m, le chenal (Fig. 5) présente de nombreuses traces d'érosion (Photo 6) laissant apparaître par endroit de vieux seuils ensevelis. Le **creusement linéaire** atteint par endroit **plus de 2 m** (Photo 7) formant par exemple à la confluence avec le torrent de Champerousse, une petite cascade (Photo 8).

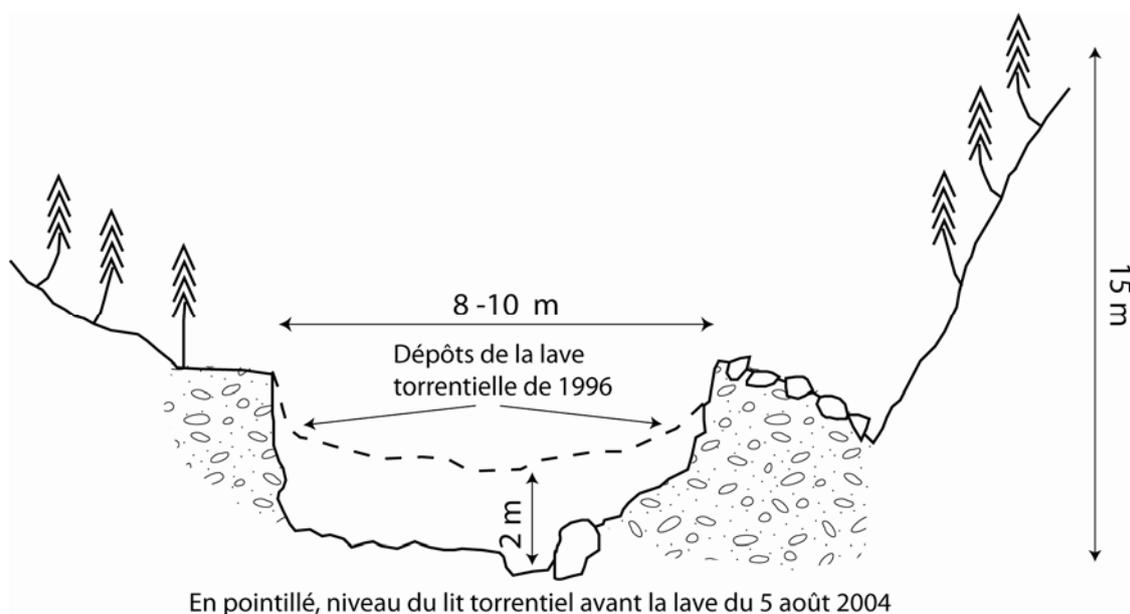


Figure 5 – Coupe transversale (vue vers l'aval) du torrent de Faucon (Zone B1), à l'amont immédiat de la confluence avec le torrent de Champerousse (1 700 m).

Les berges sont particulièrement marquées par le passage de la lave : sapements de berge avec une incision basale pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètres, glissements superficiels sur plusieurs dizaines de mètres.

### 1.2.4. Zone B2 : du seuil 40 (1 715 m) au seuil 43 (1 785 m) : **Incision**

Cette zone est caractérisée par une absence de seuils en bon état : les 4 seuils en maçonnerie de moellons étaient déjà partiellement ou complètement détruits avant la lave d'août 2003. Cette zone présente les mêmes caractéristiques que la zone B1. Néanmoins l'incision y est moins forte, et atteint au maximum environ 1 m. Le lit présente un aspect « chaotique » de par la présence de nombreux débris (troncs d'arbres essentiellement, morceaux de tuyaux arrachés dans les différents systèmes de captage). Notons toutefois que l'incision s'accroît progressivement de l'amont vers l'aval de cette zone.

### 1.2.5. Zone C1 : du seuil 43 (1 785 m) au seuil 55 (2 035 m) : **Dépôt et incision**

A l'intersection entre le chemin menant vers Soleil-Boeuf et le torrent de Faucon, de nombreux dépôts sont encore présents. Les traces d'incision sont beaucoup moins importantes que dans les zones B1 et B2, **le lit a plutôt été comblé** par endroit. Des dépôts **non indurés**, composés de galets et de blocs de toutes tailles sans matrice fine apparente, comblent certains seuils torrentiels (Photo 9), recouvrant par endroit les bas de versants. Les berges et les bas de versants sont affectés par de nombreux petits mouvements de terrain (sapement de berge, glissement superficiel) qui menacent la stabilité de nombreux seuils.

A l'amont de la cascade (1 983 m), des traces d'incision sont observables : elles atteignent quelques dizaines de centimètres au seuil 55 (Photo 10).

### 1.2.6. Zone C2 : du seuil 55 (2 035 m) au seuil 63, (2 120 m) : **indéterminé**

**En progressant vers l'amont** vers la crête de Soleil-Bœuf (arrêt des observations au seuil 63), par comparaison avec les observations antérieures à la lave d'août 2003, la morphologie du lit et l'état des seuils ne semblent pas avoir significativement évolué (Fig. 6). Les seuils sont en mauvais état et certains sont partiellement ou complètement détruits comme les seuils 60 et 63.

Malgré la présence de dépôts torrentiels peu épais et une incision linéaire peu marquée, il est difficile d'y voir un fonctionnement réel durant cet épisode torrentiel. Les dépôts, assez grossiers, sont non cimentés, on note toutefois la présence de petits lits indurés dans les anciens dépôts.

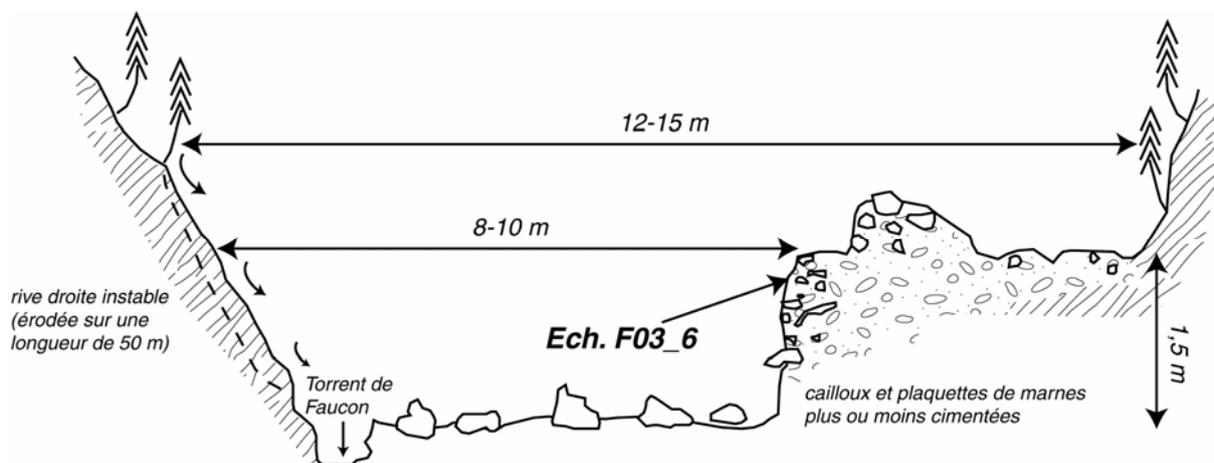


Figure 6 – Coupe transversale (vue vers l'aval) du torrent localisée une vingtaine de mètres à l'amont du seuil 60

## 1.3. Les observations sur le torrent de Champerousse (1-3 septembre 2003)

Comme précédemment, nous avons procédé à un découpage du torrent en zones « homogènes ». Ainsi, trois zones sont distinguées de l'aval vers l'amont selon leur fonctionnement (dépôt ou incision) fortement lié à la pente de leur profil en long (Fig. 4) :

### 1.3.1. Zone D : de la confluence (1 690 m) au passage à gué (1 750 m) : **Dépôt**

De la confluence au passage à gué avec le chemin vers Soleil-Boeuf, la morphologie du lit torrentiel et des versants est très peu variable dans cette zone à la pente assez faible de 13 %. **Les plages à l'amont des seuils anciens et récents (construits entre 2001 et 2002) sont toutes remplies** de dépôts torrentiels « frais » de texture sablo-limoneuse avec peu d'éléments grossiers. Des dépôts, composés de matériaux fins et épais de 50 cm environ, encadrent un lit torrentiel étroit (2 m) où les matériaux grossiers sont plus abondants. Les berges ne sont pas érodées (Photo 11). A l'aval immédiat du passage à gué la morphologie du lit est un peu différente. Le lit est rempli par un matériau grossier très hétérogène composé de sables grossiers, de cailloux et de blocs (Photo 12).

### 1.3.2. Zone E : du passage à gué (1 750 m) à la rupture de pente (1 960 m) : **Incision**

A l'amont du passage à gué la pente est plus forte, passant de 13% environ à plus de 20%. Le long de cette zone, le fond du lit et les berges sont tapissés par une végétation arbustive et arborée assez bien développée à l'abri de plusieurs seuils. Des traces d'érosion, essentiellement des sapements de berges apparaissent progressivement. Quelques petits glissements superficiels sont visibles par endroits mais ils n'excèdent pas 1 à 2 m de hauteur. Les matériaux du lit sont grossiers, composés de cailloux, de galets et de blocs de toutes tailles. Ils sont par endroit emballés dans une matrice sableuse. Une rupture de pente (1 960 m) marque la transition avec le bassin de réception (zone F). Au droit de cette rupture de pente, des dépôts de débordement récents sont observés sur la rive droite du chenal. A l'aval de la zone d'épandage, des levées hautes de 1 m environ sont observées de part et d'autre du chenal sur une centaine de mètres de longueur.

### 1.3.3. Zone F : bassin de réception (1 960 m à 2 400 m) : **Incision**

Le bassin de réception *stricto sensu* (pente moyenne 90%) est localisé dans un escarpement rocheux armé par les flyschs dissociés de la nappe du Parpaillon. Cet escarpement surplombe un tablier d'éboulis. Le bassin est drainé par plusieurs talwegs bien individualisés qui incisent plus ou moins profondément l'escarpement rocheux. Comme le montre la photo 13, seul le talweg Ouest présente une incision très marquée avec des **levées latérales qui atteignent au moins 50 cm de hauteur**. Par contre, dans le talweg Est, aucun dépôt ou incision caractéristique n'est observable.

### 1.4. Les observations sur le versant instable des Trois Hommes entre le torrent de Faucon et le torrent de Champerousse

Nous nous sommes également intéressés au versant des Trois Hommes situés entre le chenal torrentiel du Faucon et celui de Champerousse. Il a été, selon les témoins, le plus affecté par l'orage de grêle. Cette zone a déjà fait l'objet d'un premier rapport à la R.T.M. portant sur les observations morphologiques relatives à la réactivation récente d'un glissement de terrain dans la partie basse du versant (Remaître et Maquaire, 2001).

Le versant en pente très forte est développé dans les flyschs dissociés. Un escarpement rocheux est bien marqué et plus ou moins incisé profondément par des talwegs à l'écoulement intermittent (**Photo 14**). Le couvert forestier est bien étendu en dehors d'un **tablier d'éboulis** développé au pied de l'escarpement. Dans un des talwegs qui présente un bassin de réception très important, une **lave torrentielle** s'est produite à l'aval immédiat de l'escarpement (altitude de 2 300 m environ). Elle a **creusé le tablier d'éboulis sur près de 2 m de profondeur et des levées atteignent 50 cm de hauteur** (**Photo 15**). La morphologie du chenal est très régulière (Fig. 7). La **lave** s'est propagée jusqu'au chenal torrentiel du Faucon quelques 500 m plus bas en empruntant un talweg existant (**Photo 16**).

A noter que d'autres chenaux d'incision moins marqués sont observés sur le tablier d'éboulis, mais tous disparaissent au bout de quelques dizaines de mètres (**Photo 17**).

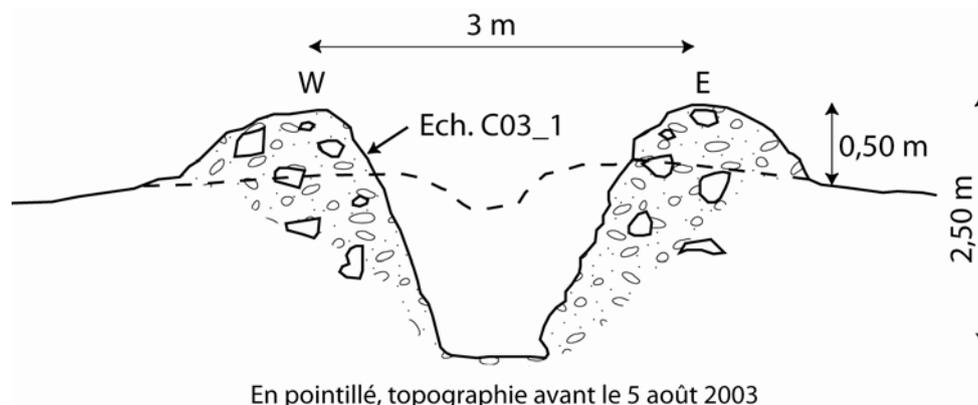


Figure 7 – Coupe transversale (vue vers l'amont) du chenal emprunté par la lave torrentielle des Trois Hommes.

### 1.5. Les dommages

Les dégâts et les perturbations liés à cet évènement se localisent sur la commune de Faucon-de-Barcelonnette, le long du torrent de Faucon :

- ❑ **coupure de la R.D. 900** pendant plusieurs heures bloquant plusieurs dizaines d'automobilistes piégés entre les deux laves torrentielles (Bourget et Faucon). Puis **perturbations pendant trois semaines**, par la mise en place d'une circulation alternée pour permettre le bon déroulement des travaux de déblaiement ;
- ❑ **destruction complète** du tablier du pont du V.C.3. et détérioration des ponts de l'apex et de la R.D. 900 (barrière arrachée, tablier endommagé, affouillement des points d'ancrage, fourreau du réseau téléphonique qui passait le long du tablier du pont (à l'amont) endommagé, ...)
- ❑ **envahissement de six habitations et de leur jardin** au lotissement du Bérard. Les travaux de déblaiement des zones sinistrées ont duré deux semaines ;
- ❑ détérioration de plusieurs seuils torrentiels (déchaussement, etc.), notamment ceux situés à l'amont de l'apex ;
- ❑ détérioration du chemin menant vers Soleil-Boeuf au passage à gué à l'intersection avec le torrent de Champerousse ;
- ❑ détérioration des couronnements de certains nouveaux seuils situés en contrebas de l'intersection entre le torrent de Faucon et le chemin menant vers Soleil-Bœuf ;
- ❑ coupure d'une prise d'eau servant à l'irrigation.

## 2. Analyses granulométriques et comparaisons avec des évènements récents

Afin de pouvoir compléter notre analyse et ensuite déterminer le type de processus ayant fonctionné sur les différents secteurs du bassin versant pendant l'évènement, **huit échantillons** de 20 kg ont été prélevés pour analyses granulométriques : six pour l'épisode torrentiel de Faucon et deux pour celui des Trois Hommes (localisation sur la planche hors texte).

Pour les dépôts de l'évènement torrentiel de Faucon, les résultats (Fig. 8) indiquent :

- ❑ pour les deux échantillons prélevés à l'amont (F03\_5 et F03\_6), une fraction fine (argiles et limons) inférieure à 10% et une texture **de sables grossiers** pour les matrices (<20 mm). Valeurs caractéristiques de **dépôts d'écoulement hyper-concentré** ;
- ❑ pour les quatre autres échantillons, une fraction fine (argiles et limons) de 30% (F03\_4) à au moins 40% de fines (F03\_1, F03\_2 et F03\_3) et une texture respectivement de **sables argileux** et d'**argiles sableuses**. Valeurs caractéristiques de **dépôts de lave torrentielle à matrice cohésive**.

Les deux échantillons des Trois Hommes sont plus grossiers puisqu'ils ne dépassent pas les **15% de fines**. Ils indiquent que les dépôts s'apparentent à **une lave torrentielle à matrice granulaire**.

Ces résultats ont été comparés à ceux de la lave de 1996, pour le mode de déclenchement et pour le type de dépôts (caractéristiques texturales). Une étude détaillée de la lave torrentielle de 1996 peut être trouvée dans Remaître *et al.* (2002).

Depuis 1996, les granulométries des quatre évènements observés sur le bassin versant amènent aux remarques suivantes (Fig. 8) :

- ❑ **les dépôts sur le cône de déjection de la lave torrentielle de 2003 sont plus riches en fine** (40%) que celle de 1996 (25 à 30%) ;
- ❑ les deux laves torrentielles à matrice cohésive de Faucon en partie aval et médiane du bassin torrentiel (1996, 2003) se distinguent clairement de celle des Trois Hommes (2003) à matrice granulaire et, d'une crue torrentielle observée en 2002 ;
- ❑ l'enrichissement en fine de l'amont vers l'aval a été de l'ordre de **37%** en 2003 contre **25%** en 1996.

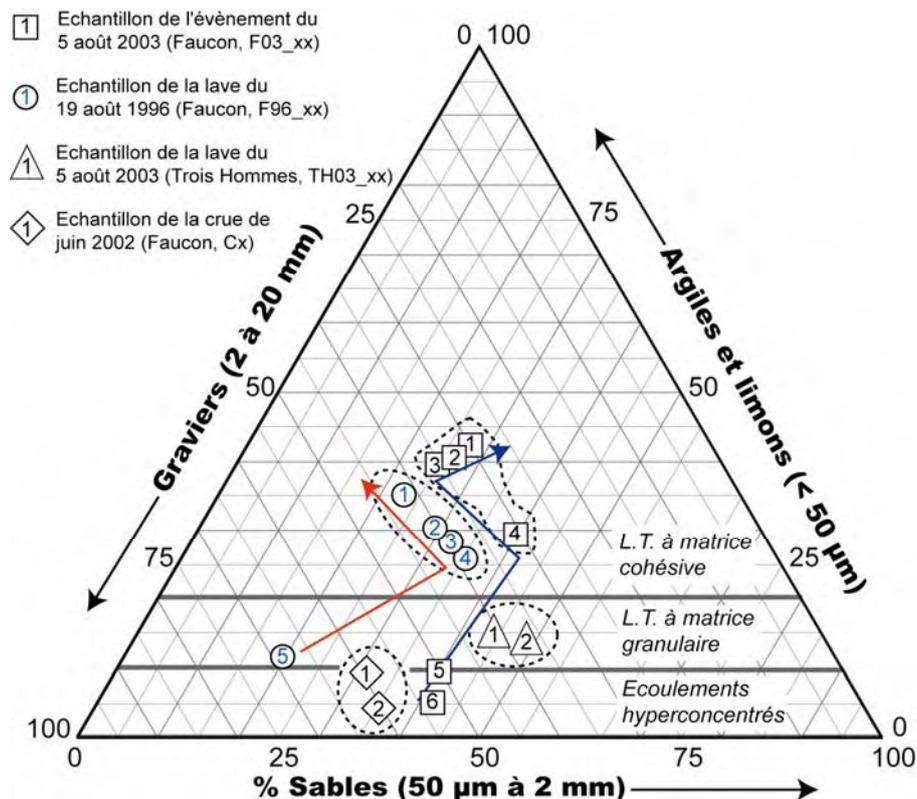


Figure 8 – Triangle textural (classification USGS) représentant les différents évènements observés depuis 1996 sur le bassin versant du torrent du Faucon (modifié de Remaître et al., 2003). La limite supérieure (entre les L.T. à matrice cohésive et les L.T. à matrice granulaire) a été définie par Bonnet-Staub (1999). La limite inférieure (entre les L.T. et les écoulements hyperconcentrés) a été définie par Scott (1988).

### 3. Synthèse et discussions

Sur le bassin versant du Faucon, les observations morphologiques (incision, dépôts indurés ou non, levées, débordement, etc.) et les résultats des analyses granulométriques permettent de proposer des hypothèses sur le déclenchement et le fonctionnement de l'évènement du 5 août 2003 (Fig. 9).

A l'amont du bassin versant, et en rive gauche du Faucon, le déclenchement à une altitude de l'ordre de 2 300 m et la propagation de véritables laves torrentielles (**incision, morphologie caractéristique en levée, dépôts indurés**) sont attestés à la fois :

- dans un talweg du tablier d'éboulis, en contrebas de la crête des Trois Hommes. La lave se propage sur plusieurs centaines de mètres jusqu'à la confluence du torrent de Faucon. Les dépôts correspondent à une **lave torrentielle à matrice granulaire** (Fig. 8) ;
- dans le bassin de réception du torrent de Champerouse (zone F) jusqu'à la rupture de pente à une altitude de 1 960 m où des dépôts de débordement sont observés sur la rive droite du chenal. A l'aval en zone E, en l'absence de contribution (lits et berges fixés par la végétation, seuils), et en zone D, en raison de la présence des nouveaux seuils, les matériaux ont été piégés et la lave a été efficacement freinée, se transformant plutôt en un **écoulement hyper-concentré**, avec des dépôts plus ou moins grossiers non indurés.

Dans le torrent de Faucon, en partie amont (zone C de 2 120 m à 1 785 m), les dépôts torrentiels sont peu épais **non indurés et sans cohésion** et l'incision linéaire peu marquée. Ainsi dans cette zone, compte tenu de la nature des dépôts, l'écoulement doit être qualifié **d'écoulement hyper-concentré**. Par contre, après la confluence avec le talweg des Trois Hommes (1 890 m), cet écoulement a été tout de même probablement violent et à fort débit (renforcé par l'apport du talweg), en raison des dégâts observés (couronnement des nouveaux seuils abîmés, prise d'eau arrachée, etc.).



schistes et les marnes noires affleurant abondamment : la confluence entre le Faucon et le Champerousse, et les gorges de Bouzoulières. Cette incision indique une contribution importante du lit, des berges et des versants de l'ensemble de la zone C jusqu'à une altitude de 1 340 m avec des **dépôts indurés caractéristiques de lave torrentielle à matrice cohésive**.

La lave progresse, malgré la présence de plusieurs seuils, par bouffées dans le chenal avec des débordements observés au Châtelaret, puis au Bérard.

A partir de ces observations, il est incontestable que les seuils dans le torrent de Champerousse et de Faucon (en partie supérieure) ont « bien joué » leur rôle en stockant une quantité importante de matériaux et en « retardant » la formation de la lave torrentielle dans le torrent de Faucon jusqu'à une altitude inférieure à 1 785 m. La lave se formant dans des secteurs exempts de seuils (Les Trois Hommes, bassin réception de Champerousse), ou bien dans un secteur avec des seuils endommagés ou détruits avant cet événement (gorges de Bouzoulières).

Les observations morphologiques engagées sur le torrent de Faucon ont montré que les causes du déclenchement de la lave et surtout l'importance des débordements peuvent être liées à :

- ❑ **des facteurs de prédispositions** : i) **une sécheresse exceptionnelle** qui a participé à la formation de croûtes structurales très imperméables, favorisant le ruissellement au détriment de l'infiltration, et facilitant l'acheminement rapide des précipitations vers le chenal torrentiel, ii) **la crue de juin 2002**, qui en ayant partiellement rempli le lit à certains endroits a facilité les débordements par exhaussement du lit ;
- ❑ **un facteur déclenchant** : un orage extrêmement violent, localisé sur le versant adret, et plus particulièrement sur le versant de Champerousse. Toutefois, **le pluviographe** localisé dans la partie haute des Clots en rive droite du torrent de Faucon (cf. planche A3 hors texte) n'a enregistré que 13 mm de pluie en 2h30. Cette faible valeur indiquerait un déficit de captation lié à la grêle ou surtout une localisation de l'orage centrée plutôt sur le versant de Champerousse et la crête des Trois Hommes. Les **quatre tensiomètres** de la station climatique et **les deux limnigraphes** automatiques installés l'un à la station climatique (1 785 m), l'autre sur le replat de Bouzoulières (1 650 m) n'ont rien enregistré pendant l'évènement.

En comparaison avec la lave de 1996, plusieurs éléments diffèrent dans les facteurs de prédisposition et de déclenchement :

- ❑ l'orage de 1996 était localisé sur le bassin de réception (Tête de la Frustra, 2 984 m), et de moindre extension spatiale dans le bassin réception comparativement à celui d'août 2003 ;
- ❑ la lave torrentielle de 1996 s'était formée à près de 2 000 m d'altitude à la suite de la rupture d'un seuil naturel (embâcle). Aux vues des premières investigations, celle de 2003 se serait plutôt déclenchée vers 1 785 m. Si en 1996 le torrent de Champerousse n'avait pas « fonctionné » durant l'épisode orageux, il en est autrement le 5 août 2003, comme en témoigne les dépôts « frais » dans les seuils et les formes d'érosion dans la partie amont du chenal. De même, en 2003, une lave torrentielle s'est déclenchée aux Trois Hommes vers 2 300 m d'altitude et s'est propagée jusqu'au torrent de Faucon. Les seuils ont visiblement « retardé » la formation de la lave torrentielle de 2003 ;
- ❑ selon les habitants du domaine de Bérard qui ont assisté aux deux évènements, les différences de comportement étaient notables. La lave de 1996 a connu trois bouffées (ou vagues) et se déplaçait à  $5 \text{ m.s}^{-1}$  environ. Les vitesses de la lave de Faucon en 2003 étaient certainement proches de  $10 \text{ m.s}^{-1}$  et une dizaine de bouffées s'est succédée. Les témoins s'accordaient tous à dire que la lave de 2003 était beaucoup plus « liquide » que celle de 1996 ;

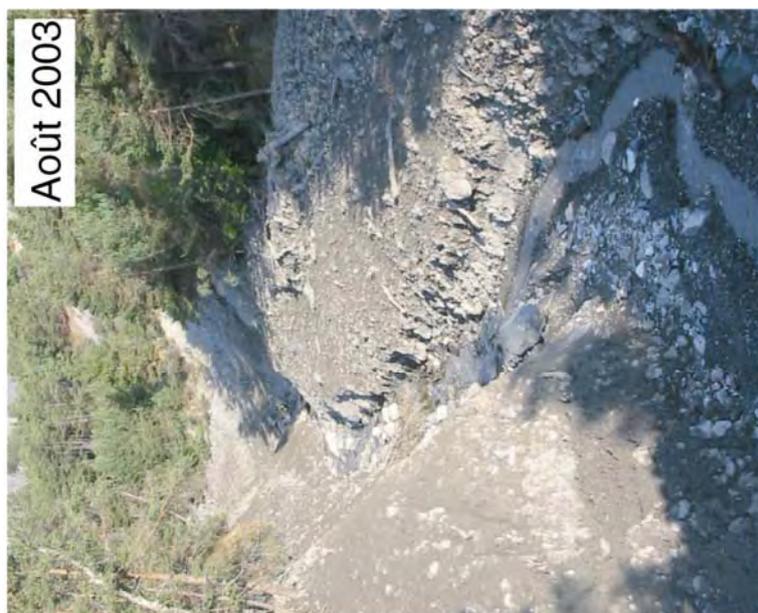


Figure 10 – Comparaison d'une prise de vue du chenal torrentiel du Faucon depuis le pont de l'apex à différentes dates : septembre 98 (10), juin 2002 (11) et août 2003 (12)

- ❑ les débordements, beaucoup plus importants en 2003, ne reflètent pas une différence dans les volumes globaux de la lave. Ces débordements peuvent également s'expliquer par la différence de remplissage du lit avant les événements. La crue torrentielle de juin 2002 avait rempli le lit torrentiel provoquant un exhaussement du lit de près de deux mètres à certaines endroits (notamment au droit des ponts de l'apex et V.C.3.). La comparaison des trois photographies (Fig.10) du chenal torrentiel prises depuis le pont de l'apex montrent bien les différences de « remplissage » du chenal et son évolution morphologique. On peut donc penser que la crue de juin 2002 a favorisé les importants débordements de la lave torrentielle de 2003. De plus le chenal n'a pas été naturellement curé par des pluies d'orages dans les mois précédents ;
- ❑ les observations morphologiques suggèrent que l'érosion et donc la contribution du lit et des berges a été plus importante en 2003 qu'en 1996. Ceci est mis en évidence par les granulométries. On peut supposer que cette augmentation est due : (i) à un plus grand volume d'eau précipité et à un débit liquide plus important, (ii) à la survenance de la crue de 2002 qui a fourni des matériaux mobilisables supplémentaires et a encombré le lit, (iii) au fonctionnement du torrent de Champerousse et d'un talweg du tablier d'éboulis des Trois Hommes qui ont contribué à gonfler les volumes liquides et solides.

#### 4. Conclusion et perspectives

Les témoignages et les observations ont permis une première caractérisation de la lave torrentielle survenue dans le torrent de Faucon. Des différences notables entre cette lave et la lave torrentielle de 1996 ont ainsi été observées (nombre de bouffées, durée de l'évènement, débordements latéraux, vitesse, type de déclenchement, etc.). Cependant des investigations supplémentaires doivent être menées :

- ❑ une caractérisation granulométrique (en complément des premiers résultats obtenus) et rhéologique des dépôts pour d'une part classer ces événements dans la typologie des écoulements torrentiels et d'autre part définir les changements de comportements au cours de la propagation ;
- ❑ un levé topographique du cône de déjection du torrent de Faucon afin d'établir un M.N.T. précis nécessaire à la modélisation des phases de propagation et d'étalement des laves torrentielles ;
- ❑ modéliser les phases de propagation et d'étalement des laves torrentielles dans un but de proposer une extension des zones à risque sur le cône de déjection du torrent de Faucon. Le modèle sera calé sur les événements de 1996 et 2003.

Fait à Strasbourg, le 6 Janvier 2004

A. Remaître

O. Maquaire

J.-P. Malet

**Orientation bibliographique :**

- Bonnet-Staub, I. (1999). Définition d'une typologie des dépôts de laves torrentielles et identification de critères granulométriques et géotechniques concernant les zones sources. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 57: 359-367.
- Remaître, A., Maquaire, O. (2001). *Le glissement de Champerousse : observations morphologiques et projet de recherches*. Rapport de synthèse (22p. + annexes).
- Remaître, A., Maquaire, O., Pierre S. (2002). Zones d'initiation et de contribution des laves torrentielles dans les bassins marneux. Exemple du torrent de Faucon (Bassin de Barcelonnette, Alpes-de-Haute-Provence). *Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement* 2002 (1): 71-84.
- Remaître, A., Malet, J.-P., Maquaire, O., Laigle, D., Ancey, C., Locat, J. 2003. *Torrential hazard assessment using a debris-flow runout model. The case of the Faucon stream*. In L. Picarelli (ed), Proceedings of the International Conference on Fast Slope Movements: Prediction and Prevention for Risk Mitigation, Napoli, Italy, Pàtron Editore, Bologna, 445-451.
- Remaître, A., Malet, J.-P., Maquaire, O., Ancey, C. (2003). *Study of a debris-flow event by coupling a geomorphological and a rheological investigation, example of the Faucon stream (Alpes-de-Haute-Provence, France)*. In D. Rickenmann & C.L. Chen (eds), Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Debris-Flow Hazards Mitigation : Mechanics, Prediction and Assessment, Davos, Switzerland, Millpress, Rotterdam, 375-385.
- Scott, K.M. (1988). Origins, behavior, and sedimentology of lahars and lahar-runout flows in the Toutle-Cowlitz system. *U.S. geol. Survey Prof. Paper*, 1447-A, 1-74.

# **ANNEXES**

## **Planches photographiques**

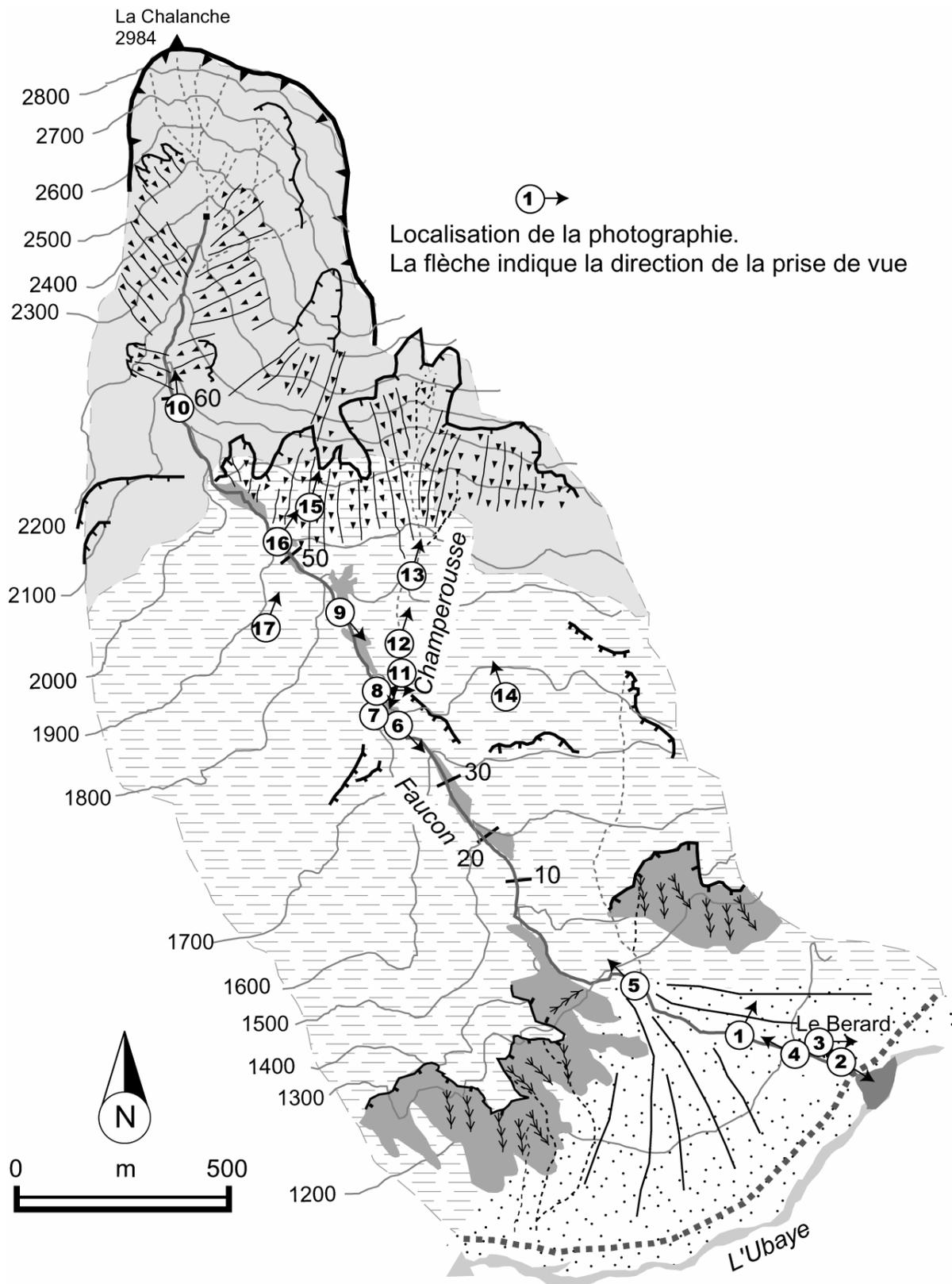


Figure 11 - Carte de localisation des photographies

**Photo 1 (12/08/2003) :**

Zone A1

Dépôts de la lave torrentielle en rive droite du torrent de Faucon. Les dépôts atteignent ici près de 50 cm d'épaisseur.

L'extension latérale n'est pas très importante probablement du fait du frein constitué par la végétation.

**Photo 2 (12/08/2003) :**

Zone A1

Dépôts de la lave torrentielle au niveau du domaine du Bérard.

A noter :

- 1) les traces de boue sur les arbres qui indiquent que la hauteur d'écoulement était de l'ordre de 1 m ;
- 2) la hauteur du muret de protection sur la droite de la photographie.

**Photo 3 (07/08/2003) :**

Zone A1

Photographie prise par Mr Peyron (RTM 04).

Vue sur une maison du lotissement du Bérard. La lave « fraîche » atteint jusqu'à 1,5 m d'épaisseur.

**Photo 4 (12/08/2003) :**

Zone A1

Vue vers l'amont sur le « pont » du V.C.3. (1 196 m)

Le tablier du pont a été arraché sous l'effet de la dernière bouffée. A noter le rétrécissement de la largeur du chenal au droit du pont (de l'ordre de 1,5 m) et les levées latérales.

**Photo 5 (12/08/2003) :**

Zone A2

Vue vers l'amont sur le pont de l'apex (1 278 m)

Une partie de la rambarde a été emportée par la lave torrentielle. A cet endroit le pont est perché à 4,5 m au-dessus du chenal torrentiel. A noter un important décrochement de berge en rive gauche.

**Photo 6 (01/09/2003) :**

Zone B1

Vue vers l'aval sur le chenal torrentiel quelques 250 m à l'aval de la confluence avec le torrent de Champerousse.

L'incision linéaire provoquée par la lave dans l'ancien lit est de l'ordre de 2 m.



**Photo 7 (01/09/2003) :**

Zone B1

Vue vers l'amont sur la confluence entre le torrent de Faucon (à gauche sur la photographie) et le torrent de Champerousse. L'incision du lit est de l'ordre de 1,5 m. Les nouvelles berges sont très instables.



**Photo 8 (01/09/2003) :**

Zone B1

Vue sur le seuil n°1 du torrent de Champerousse, situé 5 m à l'amont de la confluence avec le torrent de Faucon. L'affouillement des fondations a déstabilisé ce seuil.



**Photo 9 (03/09/2003) :**

Zone C1

Vue vers l'aval sur les seuils n°44 à n°48 complètement remplis par les dépôts de l'épisode torrentiel du 6 août 2003. Le couronnement de l'un d'eux est détérioré.

**Photo 10 (03/08/2003) :**

Zone C2 (Faucon)

Vue vers l'amont, sur le chenal torrentiel du Faucon au droit du seuil 55. En arrière plan, la crête de la Chalanche (2 984 m).

**Photo 11 (01/09/2003) :**

Zone D (Champerousse)

Vue vers l'aval sur le chenal torrentiel du Champerousse vers le seuil n°3. Les dépôts sont épais de 0.50 m et le chenal central est large de 2 m environ.

**Photo 12 (03/09/2003) :**

Zone D (Champerousse)

Vue vers l'amont sur le chenal torrentiel du Champerousse au droit du seuil n°10. Le lit est rempli de matériau torrentiel frais (cailloux et blocs avec quelques lits de matériaux sablo-limoneux).

**Photo 13 (03/09/2003) :**

Zone F (Champerousse)

Vue sur le bassin de réception. Seul le talweg (à gauche) présente des traces caractéristiques du passage d'une lave torrentielle : incision et levées latérales sur le tablier d'éboulis. En arrière plan, la corniche est incisée par le talweg.

A droite, vue sur la partie supérieure d'un second talweg.

**Photo 14 (03/09/2003) :**

Lave torrentielle des Trois Hommes

Vue générale sur le versant de Champerousse. En partie inférieure, le tablier d'éboulis est incisé principalement, à gauche, par le profond chenal d'une lave torrentielle et par une demi-douzaine de petits chenaux.

A noter, en limite gauche, le talweg dans l'escarpement rocheux boisé.

**Photo 15 (03/09/2003) :**

Lave torrentielle des Trois Hommes

Vue vers l'amont, sur le chenal et les levées latérales de la lave torrentielle affectant le tablier d'éboulis de Champerousse. En arrière plan l'escarpement rocheux est profondément incisé.



**Photo 16 (03/09/2003) :**

Zone C1

Vue vers l'amont sur la confluence entre le torrent de Faucon et le thalweg emprunté par la lave du tablier d'éboulis de Champerousse (lave torrentielle des Trois Hommes).

# BASSIN TORRENTIEL DE FAUCON

Commune de Faucon-de-Barcelonnette

## Carte des observations sur les évènements du 5 août 2003

(août et septembre 2003)



Ecole et Observatoire  
des Sciences de la Terre



UNIVERSITÉ LOUIS PASTEUR  
STRASBOURG

### GEOLOGIE

- Flyschs dissociées
- Marnes Noires

### HYDROLOGIE ET MORPHOLOGIE TORRENTIELLE

- Ecoulement intermittent
- Ecoulement pérenne
- Cône de déjection
- Débordements

### FORMES ET FORMATIONS GLACIAIRES

- Cirque
- Tablier d'éboulis
- Moraines

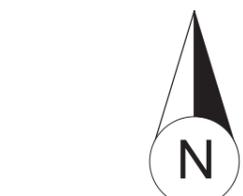
### TOPOGRAPHIE

- La Chalanche 2984 Point coté
- 1200 Isoligne (m)
- Escarpement >10m
- Ravines

### OCCUPATION DU SOL

- Lotissement
- Pont
- 10 n° du Seuil et position
- Chemins
- Station climatique
- Limnigraphe
- Piézomètre
- Glissement de terrain de Champerousse

-44°25'N



0 m 1000 1800

- F03\_1 Echantillon de l'évènement du 5 août 2003 (Faucon)
- F96\_1 Echantillon de la lave du 19 août 1996 (Faucon)
- TH03\_1 Echantillon de la lave du 5 août 2003 (Trois Hommes)
- C1 Echantillon de la crue de juin 2002 (Faucon)

### Zones de dépôts et d'incision

- Epaisseur des dépôts (épandage) < 1m
- Epaisseur des dépôts (épandage) > 1m
- Profondeur d'incision (avec levées) < 1m
- Profondeur d'incision (avec levées) > 1m

Carte dessinée par A. Remaître selon les observations de A. Remaître et O. Maquaire (août et septembre 2003)

6°40'E

