

Le ravin des sables (Hautes-Alpes, France) : une nouvelle source de risque dans la vallée de la Clarée

The Ravin des Sables (Hautes-Alpes, France): A new torrential risk in the Clarée valley

Der Ravin des Sables (Hautes Alpes, Frankreich): eine neue Gefahrenquelle im Claréetal.

Philippe Lahousse and Catherine Romelé

Volume 54, Number 3, 2000

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/005652ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/005652ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)

1492-143X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Lahousse, P. & Romelé, C. (2000). Le ravin des sables (Hautes-Alpes, France) : une nouvelle source de risque dans la vallée de la Clarée. *Géographie physique et Quaternaire*, 54(3), 271–280. <https://doi.org/10.7202/005652ar>

Article abstract

On the 24th of July, 1995, following a heavy rainfall, a channelled debris flow which contained a volume of between 12 000 and 15 000 m³ spilled onto the alluvial fan of the Ravin des Sables. It caused the interruption of the road traffic for several hours and the obstruction of the normal flow of the Clarée River. Firstly, its characteristics are analysed: triggering conditions, extension, speeds and sedimentological properties. Next, the historical survey, the alluvial fan micro-topography and the age of the vegetal colonization on the oldest debris flows lead to show its exceptional character over the last 150 years. The torrential risk in the Clarée valley area is becoming more pronounced. In fact, the lateral levees which were built on the 24th of July, 1995, channelize the flow on the alluvial fan. Little debris flows can thus easily reach the confluence with the Clarée River. That is what happened during the night of September 19th to 20th, 1999. A debris flow with a volume of between 1 500 and 2 000 m³ cut off the road once more and obstructed the normal flow of the Clarée River. From now on, the Ravin des Sables constitutes a real threat which has to be taken into account in the flooding risk zonation of the Clarée valley.

LE RAVIN DES SABLES (HAUTES-ALPES, FRANCE) : UNE NOUVELLE SOURCE DE RISQUE DANS LA VALLÉE DE LA CLARÉE

Philippe LAHOUSSE* et Catherine ROMELÉ*, Laboratoire de Géomorphologie et Gestion des Milieux Naturels, UFR de Géographie et d'Aménagement, Université des Sciences et Technologies de Lille, Avenue Paul-Langevin, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France.

RÉSUMÉ Dans la soirée du 24 juillet 1995, une lave torrentielle d'un volume compris entre 12 000 et 15 000 m³ s'est répandue sur le cône du torrent des Sables, provoquant l'interruption du trafic routier entre Briançon et Néva-che pendant plusieurs heures, ainsi que l'obstruction du lit de la Clarée sur une section d'environ 80 m. Après avoir décrit les caractéristiques de cette coulée (conditions de déclenchement, extension des engrave-ments, vitesses de propagation et spécificité granulométrique), le caractère exceptionnel de l'événement est analysé à l'aide des données historiques, de relevés détaillés de la topographie du cône de déjection et de prélè-vements de bois pour préciser l'âge de la colo-nisation végétale des anciennes coulées torrentielles identifiées sur le cône. Il en ressort qu'il s'agit d'un phénomène d'ampleur inhabituelle, au moins à l'échelle des 150 dernières années. En modifiant les conditions topogra-phiques sur le cône de déjection, celui-ci a sen-siblement accru le risque d'engravement de la route départementale 994g et d'obturation latérale du lit de la Clarée. En effet, les bour-relets latéraux édifiés à cette occasion canali-sent dorénavant les écoulements, ce qui permet à des laves nettement plus modestes d'atteindre la confluence avec la rivière de fond de vallée. C'est d'ailleurs ce qui s'est passé dans la nuit du 19 au 20 septembre 1999, où une coulée d'un volume compris entre 1 500 à 2 000 m³ a eu les mêmes effets que l'épi-sode du 24 juillet 1995. Ainsi, le ravin des Sables constitue désormais une menace réelle, au moins équivalente à celle reconnue depuis longtemps pour le torrent limitrophe de la Pinatelle.

ABSTRACT *The Ravin des Sables (Hautes-Alpes, France): A new torrential risk in the Clarée valley.* On the 24th of July, 1995, following a heavy rainfall, a channelled debris flow which contained a volume of between 12 000 and 15 000 m³ spilled onto the alluvial fan of the Ravin des Sables. It caused the interruption of the road traffic for several hours and the obstruction of the normal flow of the Clarée River. Firstly, its characteristics are analysed: triggering conditions, extension, speeds and sedimentological proper-ties. Next, the historical survey, the alluvial fan micro-topography and the age of the veg-etal colonization on the oldest debris flows lead to show its exceptional character over the last 150 years. The torrential risk in the Clarée valley area is becoming more pro-nounced. In fact, the lateral levees which were built on the 24th of July, 1995, channelize the flow on the alluvial fan. Little debris flows can thus easily reach the confluence with the Clarée River. That is what happened during the night of September 19th to 20th, 1999. A debris flow with a volume of between 1 500 and 2 000 m³ cut off the road once more and obstructed the normal flow of the Clarée River. From now on, the Ravin des Sables constitutes a real threat which has to be taken into account in the flooding risk zonation of the Clarée valley.

ZUSAMMENFASSUNG *Der Ravin des Sables (Hautes Alpes, Frankreich) : eine neue Gefahrenquelle im Claréetal.* Am 24. Juli 1995 hat sich infolge eines heftigen Gewitters eine Mure mit einem Volumen zwischen 12 000 und 15 000 Kubikmeter über den Kegel des Sables-Wildbachs ergossen. Das führte zu einer mehrstündigen Verkehrsunterbrechung zwischen Briançon und Néva-che sowie zu einer Blockierung des Clarée-Flussbetts über einen Abschnitt von etwa 80 m. Nach einer Beschreibung der Charakteristika dieses Stroms (Auslöserbedingungen, Ausbreitung der vorgeschütteten Ufer, Ausbreitungsgeschwindigkeiten und granulometrische Eigenart) wird mit Hilfe von historischen Daten, detaillierten Messungen der Topographie des Schwemmkegels und Holzproben zur Bestim-mung des Alters der pflanzlichen Bewachsung der auf dem Kegel identifizierten älteren Muren der außergewöhnliche Charakter die-ses Ereignisses analysiert. Daraus geht her-vor, dass es sich um ein Phänomen ungewöh-nlichen Umfangs handelt, zumindest in den letzten 150 Jahren. Dieser Vorgang hat die topographischen Bedingungen auf dem Schwemmkegel verändert und so die Gefahr einer Verschüttung der Landstraße 994g und einer lateralen Verstopfung des Claréebetts erhöht. Tatsächlich kanalisieren von nun an die bei dieser Gelegenheit lateral errichteten Uferdämme das Fließen und ermöglichen so sehr viel bescheideneren Muren den Zusammenfluss mit dem Talfluss. Genau das pas-sierte in der Nacht vom 19. zum 20. September 1999, als ein Schuttfluss mit einem Volumen zwischen 1 500 bis 2 000 Kubikmeter genau dasselbe bewirkte wie die Episode vom 24. Juli 1995. So ist der Ravin des Sables von nun an eine echte Bedrohung, zumindest genauso groß wie die schon lang bekannte am bena-chbarten Wildbach la Pinatelle.

INTRODUCTION

Pendant longtemps, le torrent des Sables n'avait de réputation que la pittoresque Grotte des Cinquante Ânes située à la racine de son cône de déjection et l'étroit canyon qui lui sert de débouché dans la vallée de la Clarée (fig. 1). Les violentes averses orageuses qui se sont abattues dans la soirée du 24 juillet 1995 autour de la cuvette de Briançon en ont cependant dévoilé un tout autre visage, celui d'un organisme torrentiel au pouvoir destructeur trop vite oublié. En effet, les conditions météorologiques exceptionnelles de cette fin de journée ont provoqué le déclenchement, vers 22 heures, d'une lave torrentielle suffisamment puissante pour couper la seule route d'accès à la commune de Névache pendant plusieurs heures et obstruer le cours de la Clarée sur une longueur d'environ 80 m. Si on est loin des dégâts simultanément provoqués dans la proche vallée de la Guisane (Lahousse et Salvador, 1998a, 1998b, 1999), cet événement n'en est pas moins remarquable car de mémoire d'homme et nulle part dans les archives n'ont été retrouvés de témoignages de coulées aussi volumineuses émanant de cet organisme torrentiel. La surprise fut d'autant plus grande, qu'habituellement de telles manifestations étaient plutôt réservées au bassin limitrophe du torrent de la Pinatelle ou, un peu en aval sur la commune de Val-des-Prés, au torrent de la Ruine (fig. 1). Dans ce contexte, cette lave torrentielle est apparue pour beaucoup comme un phénomène tout à fait fortuit qui, en purgeant le bassin de réception d'une partie de ses matériaux directement mobilisables, garantissait de surcroît une certaine inertie morphodynamique pour les prochaines années. Toutefois, la nouvelle coulée déclenchée par les pluies intenses qui se sont déversées sur le Briançonnais les 19 et 20 septembre 1999 amène inéluctablement à réviser ce jugement. Elle conduit même à se demander si la lave du 24 juillet 1995 n'a pas entraîné certaines modifications dans le fonctionnement de ce bassin versant, susceptible d'inaugurer une nouvelle période d'activité torrentielle sur le cône de déjection.

CADRE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

Quand on pénètre la basse vallée de la Clarée depuis le hameau de la Vachette, au sud, on est frappé par la raideur extrême des versants (fig. 1). Les bassins torrentiels latéraux y sont généralement courts et extrêmement pentus. Celui du ravin des Sables n'échappe pas à cette règle. Une superficie de l'ordre du kilomètre carré et des pentes souvent supérieures à 30° sont effectivement des caractéristiques courantes dans cette section de la vallée.

Au-dessus de 1 970 m d'altitude, le bassin versant est constitué de hautes parois rocheuses qui s'élèvent jusqu'au sommet de la crête de Pécé, pour culminer à 2 733 m. Elles ne sont interrompues que par une bande continue d'éboulis vifs qui s'étire à partir de 2 100 m d'altitude, sur une largeur comprise entre 175 et 375 m. Dans cette partie supérieure, la pente moyenne du chenal d'écoulement principal oscille entre 30 et 45°. Elle contraste nettement avec celle observée plus en aval : de l'ordre de 20° entre 1 970 et 1 800 m d'altitude, celle-ci s'infléchit ensuite sensiblement (10 à 15°)

avant le passage de la gorge servant d'exutoire vers le cône de déjection (fig. 1).

La couverture forestière, essentiellement constituée de pins à crochets, n'est que très partielle en raison des larges affleurements rocheux et du taux très élevé de recouvrement par les éboulis vifs. Avec un peu plus de 7 hectares, elle ne représente ainsi que 9 % de la superficie totale d'un bassin versant à dominante minérale.

Celui-ci est entièrement façonné dans les terrains de la zone briançonnaise (Blais, 1978, 1979), principalement composés de séries du Trias (calcaires, dolomies et cargneules). Ces assises, subdivisées en deux nappes superposées, sont ployées en un ensemble de plis de vergence est (Barféty *et al.*, 1996). Ils déterminent, dans la partie supérieure du bassin versant, deux très hautes corniches que le torrent franchit par des chutes. Ces escarpements rocheux entretiennent de longs tabliers d'éboulis qui occupent un peu plus de 35 % de la superficie totale du bassin versant. Ils sont donc susceptibles de fournir une charge importante de débris lors d'épisodes pluvieux de forte intensité.

Contrairement au bassin adjacent de la Pinatelle qui présente pourtant des caractéristiques morphologiques et géologiques très comparables, l'exutoire est ici constitué d'une gorge très étroite et profondément entaillée. Elle souligne en fait le passage du torrent dans une formation ancienne de brèches de pentes à ciment de cargneules que l'érosion a sculptée en relief karstique (canyon, cavités souterraines, modelé ruiniforme, etc.).

CARACTÉRISTIQUES DE LA LAVE TORRENTIELLE DU 24 JUILLET 1995

Dans la soirée du 24 juillet 1995, la confluence de l'air humide venu d'Italie (la lombarde) et de l'air chaud transporté par la brise remontant la vallée de la Durance a amené le développement d'une large cellule orageuse centrée sur la cuvette de Briançon. Si les précipitations relevées par les postes du réseau météorologique d'État n'ont rien d'exceptionnelles (Briançon : 31,4 mm en 24 heures, dont 23,6 mm entre 19h00 et 20h00), la violence de l'orage est en revanche mieux soulignée par les 200 impacts de foudre enregistrés entre 18h45 et 21h45 (Clémenceau, 1995). Des témoignages et des photographies prises le lendemain matin font même état d'une couche de grêlons pouvant atteindre 15 cm d'épaisseur à 2 400 m d'altitude. Le caractère inhabituel de cet épisode pluvieux est par ailleurs corroboré par l'étendue des dégâts constatés à la suite du débordement d'une quinzaine de torrents, tous situés dans un rayon de 15 km autour de Briançon (Lahousse et Salvador, 1998a).

Dans la vallée de la Clarée, cinq organismes torrentiels ont été touchés. La plus importante lave torrentielle a cependant été émise par le torrent des Sables qui, en coupant la route départementale 994g, a provoqué l'isolement de la commune très touristique de Névache pendant plusieurs heures. D'autre part, le lit de la Clarée a été partiellement obstrué par le lobe frontal de la coulée (fig. 2 à 4). Le débordement en rive droite qui s'en est suivi a alors totalement

FIGURE 1. Contexte géographique et géologique. Quaternaire : 1. Éboulis. 2. Cônes torrentiels. 3. Alluvions récentes et actuelles, 4. Brèches de pentes à ciment de cargneules. Éocène : 5. Flysch noir (alternance de grès, de micro-conglomérats, de calcaires et d'argilites noires). Trias : 6. Cargneules. 7. Dolomies noires, blanches et grises (Ladinien supérieur). 8. Calcaires vermiculés et calcaires rubanés indifférenciés (Anisien - Ladinien inférieur). Autres éléments : 9. Chevauchement observé (a) ou supposé (b). 10. Passage en gorge du torrent des Sables. 11. Principaux escarpements rocheux. 12. Localisation des échantillons de matrice (voir aussi fig. 6).

Geographical and geological context. Quaternary: 1. Scree. 2. Alluvial fans. 3. Recent alluvial deposits. 4. Slope breccia. Tertiary (Eocene): 5. Black flysch (sandstones, microconglomerates, limestones and clays). Secondary (Trias): 6. Cargneules. 7. Black, white and grey dolomites. 8. Limestones. Other elements: 9. Observed (a) or supposed (b) thrust fault. 10. Canyon. 11. Rock scarps. 12. Location of the samples (see also Fig. 6).



dévasté un camp d'une quarantaine de scouts qui, fort heureusement, avaient déjà abandonné le site en raison de la violence des pluies. Les pertes financières, aujourd'hui estimées entre 120 000 et 150 000 FF (entre 24 350 et 30 400 \$ can.), viennent ainsi s'ajouter aux 70 500 FF (15 200 \$ can.) investis pour le rétablissement de l'axe routier et le dégagement du lit de la Clarée.

La cartographie de la coulée à l'aide d'un tachéomètre à visée infrarouge aboutit à une surface engravée de l'ordre de 10 000 m² (fig. 2). Les mesures effectuées par ailleurs

sur les levées latérales et les différents lobes frontaux (plus de 400 points de mesure pour 24 profils en travers), permettent ainsi d'évaluer le volume total des matériaux mobilisés entre 12 000 et 15 000 m³.

Une estimation de la vitesse de déplacement a également été réalisée à partir des caractéristiques morphométriques de la coulée (Johnson et Rodine, 1984). En effet, l'accélération radiale dans une courbe provoque une suraccumulation de matériaux au niveau du bourrelet externe (fig. 5). De ce déséquilibre, on déduit :

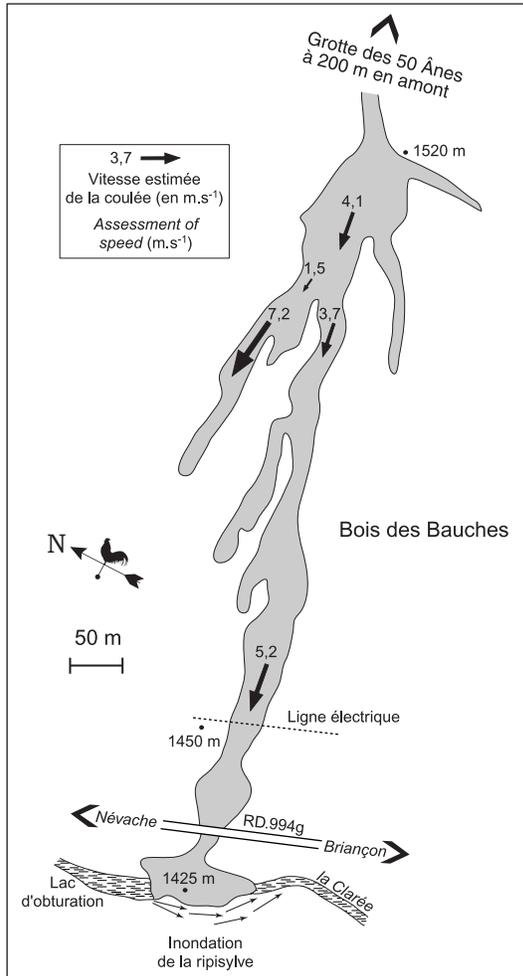


FIGURE 2. Cartographie de la coulée du 24 juillet 1995 et vitesses estimées.

The debris flow of the 24th of July, 1995: cartography and estimated speed.

$$V = (g \cdot r \cdot \cos\delta \cdot \tan\beta)^{1/2}$$

où : V = vitesse moyenne locale (m.s^{-1})

g = accélération gravitaire (m.s^{-2})

r = rayon de la courbe (m)

δ = pente du chenal

$\tan\beta = h/L$ (cf. fig. 5)

Les vitesses obtenues, assez homogènes pour l'axe principal, laissent apparaître des variations plus importantes au niveau de la première digitation de rive droite (fig. 2). Celles-ci traduisent les irrégularités du régime d'écoulement déjà constatées à maintes reprises sur d'autres organismes (Sauret, 1987 ; Meunier, 1994), mais aussi l'influence des conditions topographiques sur l'étalement de la lave. Ainsi, la valeur de $1,5 \text{ m.s}^{-1}$, n'est pas surprenante dans la mesure où les relevés ont été effectués à un endroit où la coulée a en partie dévié de son axe principal, l'obligeant ainsi à franchir le bourrelet latéral de rive droite qui s'élève ici à près de quatre mètres au-dessus du chenal d'écoulement. Plus



FIGURE 3. Vue générale du cône de déjection du torrent des Sables. Dans la soirée du 24 juillet 1995, une lave torrentielle d'un volume compris entre $12\,000$ et $15\,000 \text{ m}^3$ s'est répandue sur le cône du torrent des Sables, provoquant l'interruption du trafic routier entre Briançon et Névache pendant plusieurs heures, ainsi que l'obstruction du lit de la Clarée sur une section d'environ 80 m . Au second plan, on peut observer le bassin versant du torrent de la Pinatelle. On notera qu'il est associé à un cône de déjection dont la partie supérieure est sensiblement moins pentue que pour le ravin des Sables.

The alluvial fan of the Ravin des Sables. On 24th of July, 1995, following a heavy rainfall, a channelled debris flow with a volume of between $12\,000$ and $15\,000 \text{ m}^3$ spilled into the alluvial fan of the Ravin des Sables. It caused the interruption of road traffic for several hours and the obstruction of normal flow of the Clarée River. In the background, the catchment of the torrent of the Pinatelle can be seen. Note that the upper part of its alluvial fan is less sloping than that of the Ravin des Sables.

généralement, et en dépit d'un nombre limité de sites favorables à la mise en œuvre d'une telle méthode d'estimation, la gamme de vitesses obtenue apparaît tout à fait cohérente pour des pentes s'étalant, comme ici, entre 15 et 35% (Pierison, 1980 ; Van Steijn *et al.*, 1988 ; Khagai *et al.*, 1992 ; Coussot, 1996).

Les comptages effectués en surface sur la fraction graveleuse de la charge déposée (corpus compris entre 120 et 150 individus selon les échantillons) montrent une forte proportion d'éléments compris entre 5 et 10 cm ($49,2\%$ du corpus, avec des valeurs pouvant s'élever ponctuellement à plus de 60%). Dans le détail, la répartition géographique des caractéristiques sédimentologiques apparaît en revanche plus complexe car elle est étroitement liée aux spécificités des sites de prélèvement (chenal central, flancs internes ou externes des levées latérales, etc.). Globalement, trois catégories de distributions s'individualisent assez nettement (fig. 6) :

— Les sites n^{os} 1, 2, 4, 5, 11, 12 et 13, tous localisés dans la partie supérieure de la coulée, s'individualisent par une large prédominance des éléments compris entre 5 et 10 cm , et une absence quasi totale de blocs dépassant les 15 cm .

— Plus bas, les portions plus grossières sont mieux représentées (sites n^{os} 6, 9 et 10). Cette évolution, qui commence à se distinguer dans l'échantillon n^o 12, et de manière plus affirmée dans les échantillons n^{os} 4 et 5, s'explique vraisemblablement par le positionnement des



FIGURE 4. Lobe frontal de la coulée du 24 juillet 1995. On y distingue les bourrelets de compression qui traduisent le comportement plastique des matériaux déposés.

Terminal lobe of the debris flow of the 24th of July, 1995. Note the compression folds which convey the plastic response of the deposits.

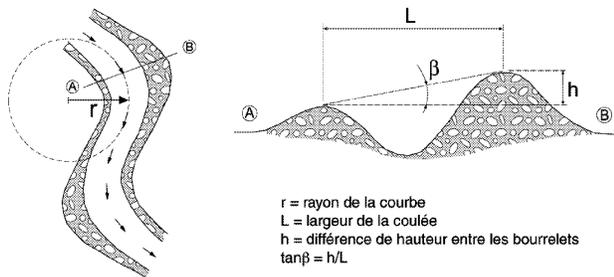


FIGURE 5. Définition des paramètres morphométriques utilisés dans le calcul des vitesses.

Morphometrical parameters used for speed estimation. r. Radius of the curve; L. Flow width; h. Difference of height between the lateral levees.

sites de prélèvement dans l'axe principal de la coulée. Les relevés n^{os} 6 et 10, positionnés sur le flanc externe des bourrelets latéraux, montrent même une proportion relativement élevée d'éléments de taille supérieure à 15 cm (respectivement 37,9 et 19,4 %, alors que la moyenne sur l'ensemble du corpus est de 8,9 %). On retrouve là une caractéristique sédimentologique déjà observée sur d'autres coulées de débris (Nieuwenhuijzen, 1987 ; Van Steijn, 1987).

— Les lobes terminaux apparaissent sensiblement plus riches en éléments de petite taille (sites n^{os} 3 et 7). Sans doute faut-il y voir une conséquence de l'abaissement de la pente qui, dans le cas de la langue principale, apparaît de manière évidente et brutale. Ici, le replat situé immédiatement en amont de la route départementale 994g a effectivement provoqué un large débordement de la coulée en rive gauche. Le lobe qui en a résulté présente encore une forte proportion d'éléments de taille supérieure à 10 cm (site n^o 9). Au-dessous, les caractéristiques granulométriques de la coulée changent en revanche radicalement. On passe alors à des matériaux dont la fraction graveleuse

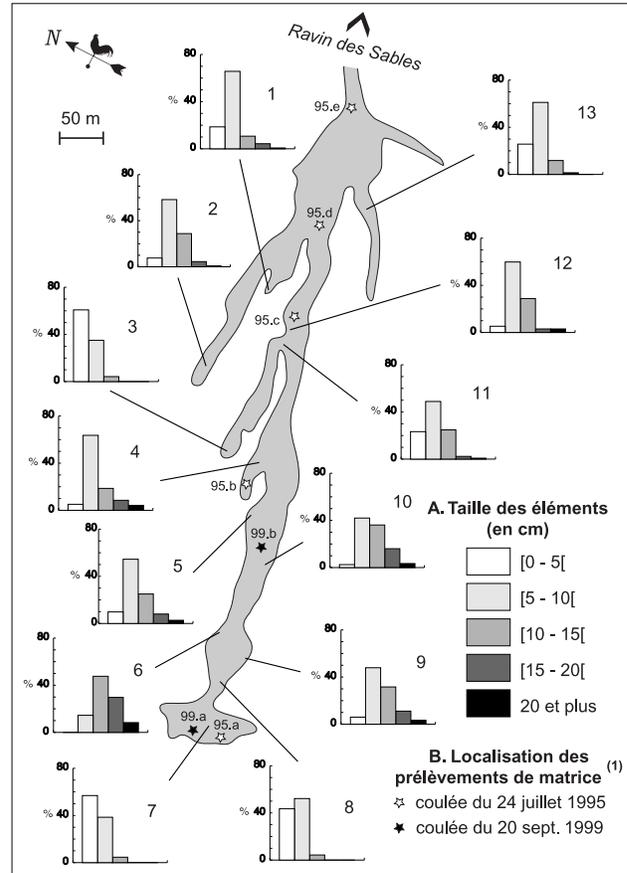


FIGURE 6. Caractéristiques granulométriques de la fraction graveleuse de la coulée du 24 juillet 1995 (pour les échantillons 99.c, Eb.1 et Eb.2, voir fig.1).

Granulometric characteristics of the debris flow of the 24th of July, 1995. A. Particle size (cm); B. Location of matrix samples (for the samples 99.c, Eb.1 and Eb.2, see Fig.1).

est largement dominée (plus de 95 %) par des éléments dont la taille ne dépasse pas 10 cm (sites n^{os} 7 et 8). Ce dispositif n'est pas sans rappeler les mécanismes de substitution de charge déjà évoqués sur d'autres organismes torrentiels, et qui rendent compte de la présence de plages d'atterrissement intermédiaires au niveau des sections les moins inclinées (Lahousse et Salvador, 1998b ; Peiry, 1990).

UN ÉVÉNEMENT EXCEPTIONNEL À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT ?

Au cours de son histoire, la commune de Val-des-Prés a souvent été confrontée au risque torrentiel. Au regard de l'enquête historique, elle figure même dans le peloton de tête des communes du département des Hautes-Alpes les plus touchées par ce genre de phénomène (Fanthou, 1994). Toutefois, parmi les 29 débordements torrentiels répertoriés depuis 1419, aucun n'est associé au ravin des Sables (Fanthou, 1991). La population est plus habituée aux frasques du torrent limitrophe de la Pinatelle qui, bien que présentant des

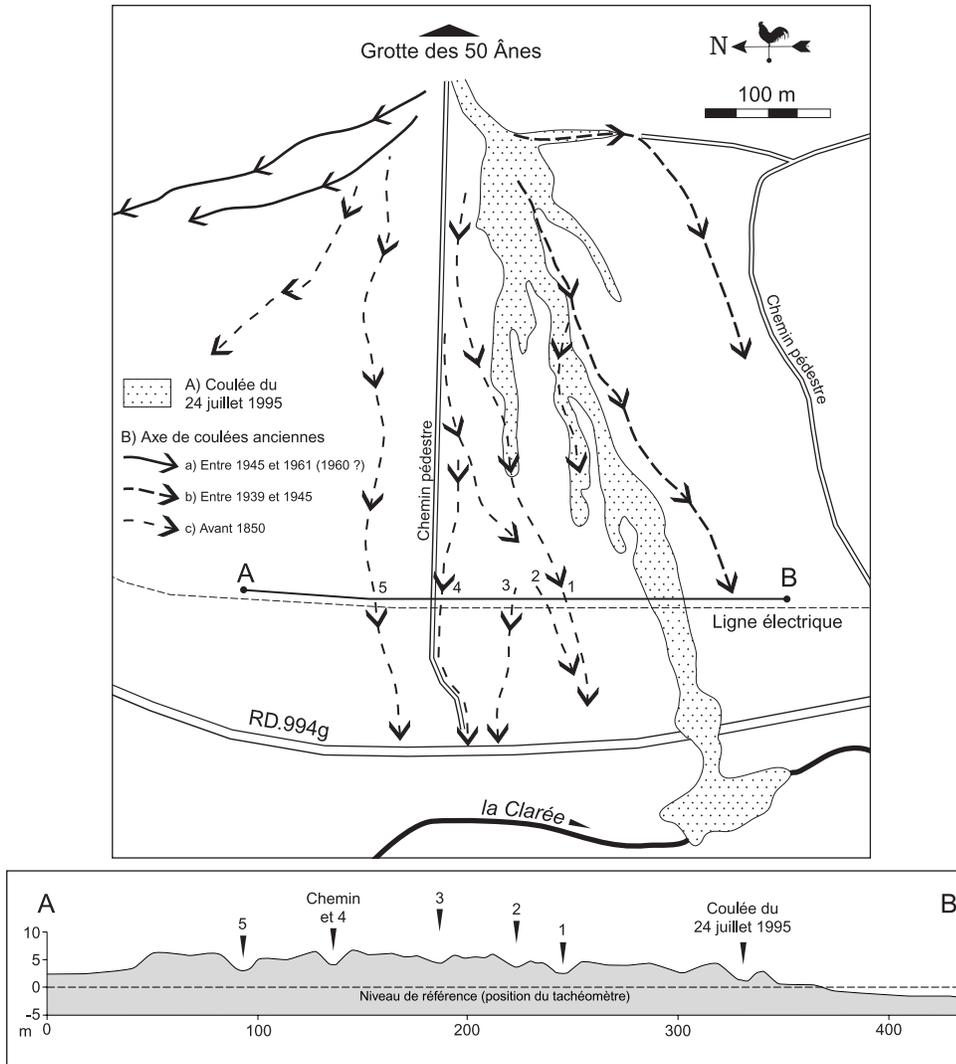


FIGURE 7. Localisation des coulées anciennes sur le cône de déjection.

Location of the old debris flows on the alluvial fan. A) Debris flow of the 24th of July, 1995; B) Old debris flows: a) between 1945 and 1961 (1960 ?); b) between 1939 and 1945; c) before 1850.

caractéristiques géomorphologiques assez comparables (fig. 1), a coupé la route départementale 994g à sept reprises depuis 1954. Cela signifie-t-il pour autant que le ravin des Sables est un organisme torrentiel éteint de longue date ? Si on considère que la qualité de l'information issue de l'enquête historique est entièrement subordonnée à l'ampleur des dégâts occasionnés aux aménagements humains, on peut en effet se demander si les laves produites par cet organisme ne sont pas restées ignorées dans la mesure où elles n'ont pas porté atteinte à l'axe routier Briançon-Névache ou, plus simplement, en raison d'une déficience des documents d'archives (Lahousse, 1997). Ainsi, alors que l'examen des photographies aériennes permet d'affirmer sans conteste que les deux axes de coulées situés au sud de la lave du 24 juillet 1995 ont été réempruntés entre 1939 et 1945 (fig. 7), aucune mention n'en est faite dans les documents d'archives. Étant donné le contexte politico-conflictuel de l'époque, on comprend aisément qu'un tel événement ait pu passer inaperçu. De la même manière, les épandages de matériaux, à l'évidence récents, que l'on peut constater sur les clichés de 1961

dans la partie supérieure du cône de déjection n'ont laissé aucune trace écrite. Pourtant, ils sont peut-être contemporains d'un des événements recensés pour le torrent de la Pinatelle, les 16 octobre et 4 décembre 1960 (Fanthou, 1991). En attirant toutes les attentions par les dégâts qu'il a provoqués à ces occasions sur la route départementale 994g, celui-ci a vraisemblablement occulté la crue du torrent des Sables, dont les conséquences se sont exclusivement limitées à l'engravement de la forêt. Ces deux exemples soulignent ainsi les limites d'une approche historique qui a fait, sans doute un peu à tort, du ravin des Sables un organisme torrentiel peu actif.

D'ailleurs, la surface du cône de déjection porte encore les traces géomorphologiques de nombreuses coulées anciennes qui attestent de l'activité torrentielle de cet organisme. Les plus étendues s'étirent jusqu'à la route départementale 994g, de part et d'autre du chemin pédestre menant à la grotte des 50 Ânes (fig. 7). Leurs bourrelets latéraux sont colonisés par des pins à crochets dont l'âge maximal, déterminé à partir des cernes ligneux de 230 individus, est de

l'ordre de 150 ans. Est-ce à dire, comme le supposent certains auteurs (Jorda, 1980, 1985 ; Ballandras *et al.*, 1991), que la fin de la péjoration climatique du Petit Âge glaciaire se serait accompagnée d'une baisse sensible de l'activité torrentielle au milieu du XIX^e siècle, permettant ainsi la recolonisation végétale du cône de déjection ? La découverte, depuis la rédaction initiale de cet article, de débris végétaux dans une coupe fraîchement ouverte à l'apex du cône de déjection par le sapement latéral du torrent apportera peut-être à ce propos des éléments de réponse, susceptibles de nous éclairer sur le poids du paramètre climatique dans l'évolution récente de la torrentialité de cet organisme Briançonnais.

UN RISQUE TORRENTIEL AUJOURD'HUI AVÉRÉ

La lave du 24 juillet 1995 n'est donc pas un événement isolé du point de vue historique. En revanche, les dimensions de la coulée et l'ampleur des volumes de matériaux étalés sur le cône de déjection sont manifestement exceptionnelles, au moins à l'échelle des 150 dernières années si on se réfère à l'âge des arbres ayant colonisé les axes des coulées anciennes identifiées plus haut. Pourtant, la physionomie du bassin versant, tant au niveau géomorphologique que du point de vue de la couverture forestière, est très comparable à celle du ravin de la Pinatelle, dont les laves coupent régulièrement la route reliant Névache à Briançon. S'il est vrai que dans les régions de montagnes, les phénomènes orageux peuvent avoir un caractère violent très ponctuel (ce fut d'ailleurs le cas en juillet 1995 puisque cette fois le ravin de la Pinatelle n'a pas émis de lave), cet aspect ne peut à lui seul rendre compte d'une activité torrentielle aussi inégale.

En fait, le comportement jusqu'ici radicalement différent de ces deux organismes torrentiels s'explique en partie par le profil longitudinal du torrent des Sables. En effet, l'épaisse accumulation de brèches de pente qui ferme le bassin versant constitue un véritable obstacle au transit des matériaux vers le cône de déjection. Ce dispositif, qui ne se retrouve pas dans le ravin de la Pinatelle, contribue à ralentir les coulées torrentielles à leur arrivée sur le cône de déjection. Cela provoque l'engraissement de sa racine qui apparaît de ce fait nettement plus pentue que celle du cône de déjection adjacent du torrent de la Pinatelle : en moyenne 14° contre 10,5° pour la portion comprise entre 1 500 et 1 550 m d'altitude (fig. 3).

Si la lave torrentielle du 24 juillet 1995 apparaît aujourd'hui comme un phénomène exceptionnel par son extension, cela signifie-t-il pour autant que l'on puisse écarter l'hypothèse d'une nouvelle coulée susceptible d'atteindre la confluence avec la Clarée ?

La lave torrentielle qui s'est produite dans la nuit du 19 au 20 septembre 1999 apporte à ce propos une réponse explicite. En effet, alors que le volume des matériaux mobilisés à cette occasion est resté très modeste (entre 1 500 et 2 000 m³), la coulée a de nouveau coupé la route départementale 994g et obstrué le cours de la Clarée qui a totalement quitté son lit sur un linéaire d'environ 300 m. Les matériaux étalés sont cette fois issus, pour une part, de la remobilisation des engravements du 24 juillet 1995, mais aussi d'une incision du cône de déjection, depuis sa racine

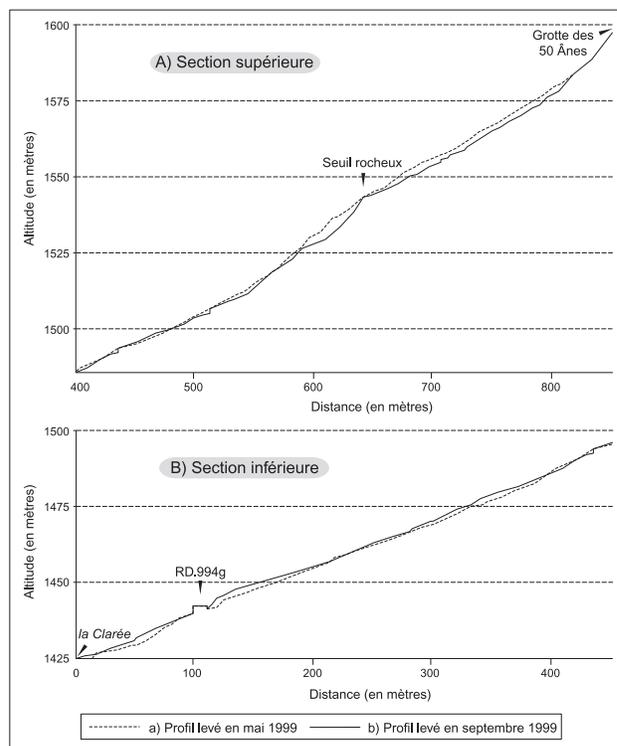


FIGURE 8. Profils en long du chenal d'écoulement principal sur le cône de déjection.

Longitudinal profiles of the channel on the alluvial fan. A) Upper section; B) Lower section: a) in May, 1999; b) in September, 1999.

jusqu'à 1 500 m d'altitude (fig. 8 et 9). Généralement de l'ordre de 1 à 2 m, celle-ci a atteint au maximum près de 4 m, immédiatement en aval du seuil calcaire ayant fixé le lit du torrent à la cote 1 545 m. La spécificité de la charge par rapport à la lave du 24 juillet 1995 transparaît également au niveau de la portion sableuse de la matrice (fig. 10). Cela se traduit par une médiane plus faible (sauf pour l'échantillon prélevé sur le lobe principal de la coulée de 1995) et un tri sensiblement plus poussé ; la valeur moyenne de l'indice de tri de Trask (*sorting index*) étant de 1,27 pour la coulée de septembre 1999, contre 1,91 pour celle de juillet 1995.

Reste néanmoins à comprendre ce qui a amené le torrent des Sables à pratiquer une incision aussi inhabituelle sur son cône de déjection. En fait, en créant deux bourrelets latéraux nettement individualisés, la lave du 24 juillet 1995 a canalisé le flot sur un axe unique, et ainsi limité la dissipation de son énergie. Il en résulte aujourd'hui un véritable chenal d'écoulement qui, à l'image du torrent de la Pinatelle, est maintenant susceptible de guider des coulées de faible ampleur jusqu'à la route départementale et dans le lit de la Clarée. En effet, si les laves de juillet 1995 et de septembre 1999 ont eu à ce niveau des conséquences analogues, le volume de matériaux mobilisés lors du dernier événement est nettement plus modeste (de l'ordre de 1 500 à 2 000 m³). Cela signifie concrètement que des épisodes pluvieux aussi exceptionnels que celui du 24 juillet 1995 ne sont sans doute plus nécessaires pour déclencher un risque d'engravement de la route départementale et

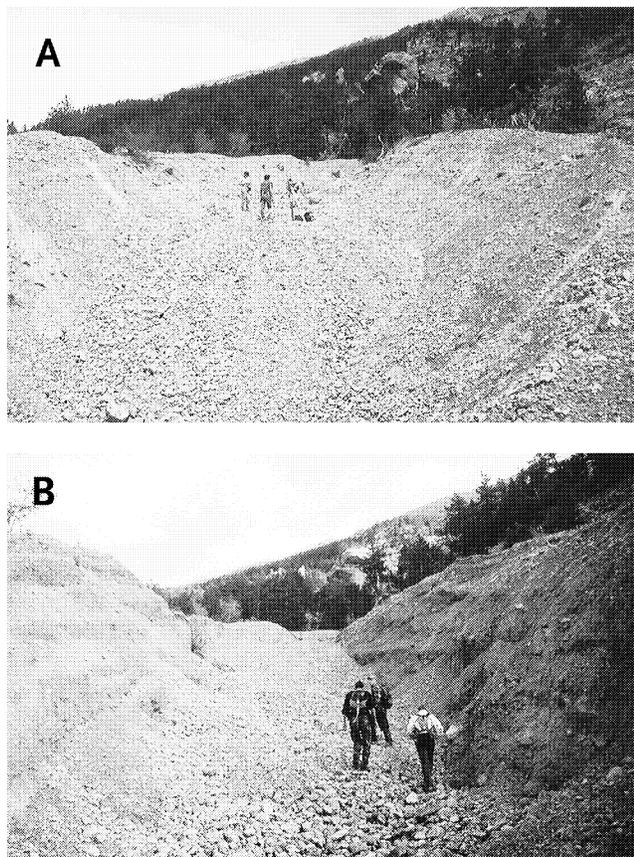


FIGURE 9. Incision du chenal d'écoulement en amont du cône de déjection (vers 1 530 m d'altitude) lors de la crue à lave torrentielle du 20 septembre 1999 (A. situation en mai 1999 ; B. situation après l'épisode de septembre 1999). En limitant dorénavant l'étalement des écoulements sur le cône de déjection, cette nouvelle configuration topographique permet à des laves torrentielles d'un volume plus modeste d'atteindre la confluence avec la rivière principale. Elle augmente en cela sensiblement les risques d'engravement de la route départementale et d'obstruction du lit de la Clarée.

Channel incision on the alluvial fan (about 1 530 m) during the debris flow of the 20th of September, 1999 (A. In May, 1999 ; B. After the debris flow of the 20th of September, 1999). The flow on the alluvial fan is now better channelized. Therefore, the torrential risk in the Clarée valley area is becoming more pronounced because little debris flows can easily reach the confluence with the Clarée River.

d'obstruction latérale de la Clarée. Plus généralement, cet exemple montre qu'un phénomène d'intensité inhabituelle peut avoir des effets durables sur la dynamique d'un système géomorphologique. Il n'aura d'ailleurs fallu que peu de temps pour vérifier cette affirmation puisque le 13 juin 2000, c'est-à-dire environ trois mois après la rédaction initiale de cet article, une nouvelle coulée torrentielle a, pour la troisième fois en cinq ans, coupé la route départementale 994g pendant plusieurs heures.

CONCLUSION

Les laves torrentielles représentent un risque naturel majeur dans les domaines montagnards (Surell, 1841 ; Mougin, 1931). En France, elles ont même justifié la création

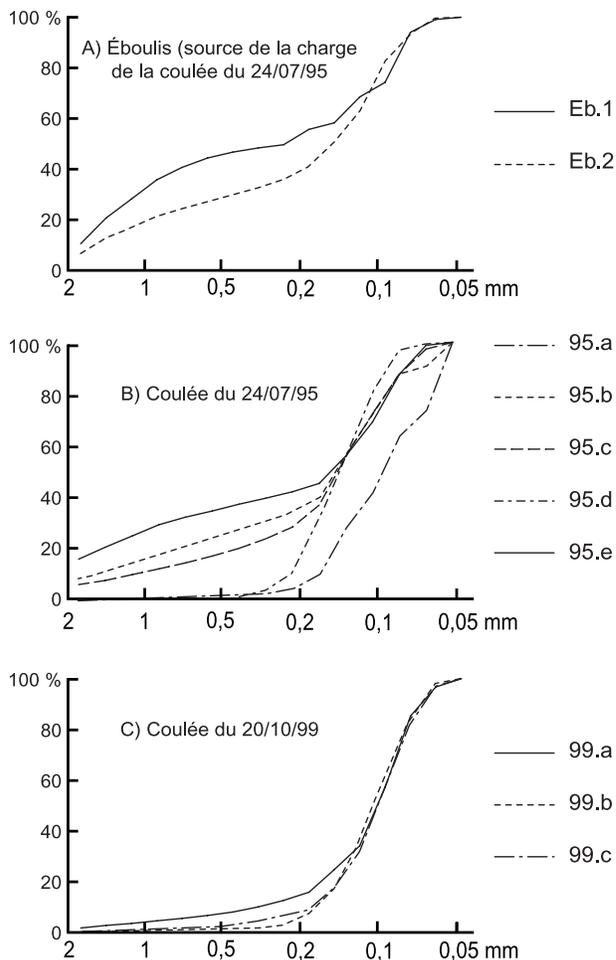


FIGURE 10. Courbes granulométriques des sables (voir fig. 1 et 6 pour la localisation des échantillons).

Granulometric curves of the sands. A) Scree upstream the catchment; B) Debris flow of the 24th of July, 1995; C) Debris flow of the 20th of September, 1999 (see Fig. 1 and 6 for sample location).

Échantillon*	Médiane (mm)	Indice de Tri
Eb.1	0,25	3,84
Eb.2	0,15	2,61
---	---	---
95.a	0,09	1,41
95.b	0,15	2,09
95.c	0,15	1,68
95.d	0,15	1,22
95.e	0,15	3,16
---	---	---
99.a	0,10	1,32
99.b	0,10	1,24
99.c	0,10	1,24

d'un service spécialisé dans la Restauration des Terrains de Montagne (service R.T.M.) qui, depuis près d'un siècle et demi, s'attache avec ténacité à protéger les populations contre les excès de la nature (Besson, 1996). Face à l'ampleur de la mission, on comprend aisément que le ravin des Sables n'ait pas figuré dans la longue liste des priorités d'intervention. Jusqu'au 24 juillet 1995, cet organisme torrentiel n'avait effectivement suscité aucune inquiétude, dans la mesure où la mémoire vernaculaire attestait de l'absence de débordements dans le passé. Dans ces conditions, la lave de juillet 1995 a rapidement été considérée comme un événement exceptionnel dont la probabilité de retour était très faible. L'analyse qui en a été faite dans le cadre de cette étude confirme ce diagnostic. Elle précise cependant que le caractère remarquable de la coulée tient surtout de son extension inhabituelle et du volume considérable des matériaux mobilisés, l'existence de précédents historiques aux conséquences plus limitées ayant effectivement été démontrée par ailleurs.

Depuis cet événement, le risque d'engravement de la route départementale 994g et du lit de la Clarée s'est manifestement accentué. C'est en tout cas ce que semble indiquer la lave de septembre 1999 dont le volume plus modeste, pratiquement dix fois inférieur à celui de la coulée du 24 juillet 1995, ne l'a pas empêché de transiter jusqu'à la confluence avec la Clarée. En fait, les bourrelets latéraux édifiés lors de l'événement de 1995 déterminent une goulotte naturelle qui concentre dorénavant les écoulements sur un axe unique. Cela favorise l'incision verticale sur le cône de déjection et, par voie de conséquence, le prélèvement de matériaux qui sont ensuite rapidement guidés vers la route départementale et le lit de la Clarée. Si cette nouvelle configuration a l'avantage de confiner l'aléa torrentiel sur le cône de déjection à un étroit corridor, elle occasionne en revanche un risque, jusque là inexistant à cet endroit, pour l'axe routier Névache-Briançon. Force est de constater, par ailleurs, que des laves d'un volume même modeste peuvent désormais porter atteinte à l'équilibre de l'hydrosystème de fond de vallée. Le ravin des Sables constitue en cela un vecteur supplémentaire de risque, dont il faudra nécessairement tenir compte dans le zonage réglementaire actuellement en cours dans le cadre de l'établissement du plan de Prévention des Risques d'inondation dans la vallée de la Clarée.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à adresser leurs sincères remerciements à Sonya Larocque, Bernard Héту et un lecteur ayant souhaité garder l'anonymat pour leurs commentaires pertinents et constructifs. C'est également pour nous l'occasion de mentionner l'Office National des Forêts qui nous a accordé l'autorisation de prélever des échantillons de bois pour déterminer l'âge des arbres implantés sur le cône de déjection du ravin des Sables. Notre reconnaissance ira enfin aux membres du Conseil municipal de Val-des-Prés pour l'intérêt qu'ils ont bien voulu porter à nos recherches et le soutien financier qu'ils nous ont octroyé pour les poursuivre.

RÉFÉRENCES

- Ballandras S. et Nevière C., 1991. Le détritisme torrentiel holocène intra-alpin : l'exemple du bassin de Barcelonnette (Alpes du Sud). *Physio-Géo*, 22/23 : 15-20.
- Barféty, J.C., Lemoine, M., Graciansky, P.C. (de), Tricart, P. et Mercier, D., 1996. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), feuille Briançon (823). BRGM, Orléans, 180 p. Carte géologique par J.C. Barféty, M. Lemoine, D. Mercier, R. Polino, P. Nievergelt, J. Bertrand, T. Dumont, S. Amaudric du Chaffaut, A. Pêcher et G. Monjuvent.
- Besson, L., 1996. Les risques naturels en montagne. Artès-Publialp, Grenoble, 438 p.
- Blais, J.P., 1978. Hydrologie et hydrogéologie du bassin versant de la Clarée (Hautes-Alpes). Thèse de doctorat, Université de Grenoble.
- _____, 1979. Comportement hydrogéologique des différentes formations géologiques du bassin versant de la vallée de la Clarée (Hautes-Alpes). *Revue de Géographie alpine*, 2 : 161-172.
- Clémenceau, Y., 1995. Rapport sur les conditions météorologiques du 24 juillet 1995, communes de la Salle-les-Alpes, Saint-Chaffrey, Saint-Martin-de-Queyrières (Hautes-Alpes). Rapport Météo France Briançon, 2 p.
- Coussot, P., 1996. Les laves torrentielles, connaissances à l'usage du praticien. Les études du Cemagref, série équipement pour l'eau et l'environnement, 23, 177 p.
- Fanthou, T., 1991. Fichier départemental des risques naturels, Hautes-Alpes. Direction Départementale de l'équipement, Gap, base de données Smart, 1 693 références.
- _____, 1994. Les risques naturels dans le département des Hautes-Alpes, chroniques et territoires. Thèse de doctorat, Université de Paris 7, 189 p.
- Johnson, A.M. et Rodine, J.D., 1984. Debris flows, p. 257-361. *In* D. Brunsten et D.B. Prior, édit., Slope instability. John Wiley & Sons, New York, 620 p.
- Jorda M., 1980. Morphogénèse et évolution des paysages dans les Alpes-de-Haute-Provence depuis le Tardiglaciaire. Facteurs naturels et facteurs anthropiques. *Bulletin de l'Association des Géographes français*, Paris, 472 : 295-304.
- _____, 1985. La torrentialité holocène des Alpes françaises du Sud. Facteurs anthropiques et paramètres naturels de son évolution. *Cahiers ligures de Préhistoire et de Protohistoire*, 2 : 49-70.
- Khegai, A.Y., Popov, N.V., Plekhanov, P.A. et Keremkulov V.A., 1992. Experiments at the Chemolgan debris flows testing ground, Kazakhstan. *Landslides News*, 6 : 27-28.
- Lahousse, P., 1997. L'apport de l'enquête historique dans l'évaluation des risques morphodynamiques : l'exemple de la vallée de la Guisane (Hautes-Alpes, France). *Revue de Géographie alpine*, 1 : 53-60.
- Lahousse, P. et Salvador, P.G., 1998a. Briançon, 24 juillet 1995 : autopsie et enseignements d'une catastrophe naturelle. *Mappemonde*, 50 : 8-12.
- _____, 1998b. La crue torrentielle du Bez (Hautes-Alpes, Briançonnais), 24 juillet 1995. *Geodinamica Acta*, 3 : 163-170.
- _____, 1999. éléments de réflexion sur la prévisibilité des crues torrentielles du 24 juillet 1995 dans la vallée de la Guisane (Alpes françaises, Briançonnais). *Revue de Géographie alpine*, 4 : 25-33.
- Meunier, M., 1994. Les progrès de la connaissance et les méthodes d'étude des phénomènes torrentiels. *La Houille Blanche*, 3 : 25-31.
- Mougin, P., 1931. La restauration des Alpes. Imprimerie nationale, Paris, 584 p.
- Nieuwenhuijzen, M., 1987. Puinstromen in de Franse Alpen. een onderzoek naar de sedimentologie en de wijze van bewegen en afzetten van puinstromen in het Bachelard dal. Thèse de doctorat, Rijksuniversiteit Utrecht, 118 p.

- Peiry, J.L., 1990. Les torrents de l'Arve : dynamique des sédiments et impact de l'aménagement des bassins versants sur l'activité torrentielle. *Revue de Géographie alpine*, 1/2/3 : 25-58.
- Pierson, T.C., 1980. Erosion and deposition by debris flows at Mt. Thomas, North Canterbury, New Zealand. *Earth Surface Processes and Landforms*, 5 : 227-247.
- Sauret, B., 1987. Coulées de débris - Compte rendu bibliographique. *Bulletin du Laboratoire des Ponts et Chaussées : Risques naturels*, 150/151 : 65-77.
- Surell, A., 1841. *Étude sur les torrents des Hautes-Alpes*. Paris, Dunod, 699 p.
- Van Steijn, H., 1987. étude de *debris flows* à partir de quelques exemples pris dans les Alpes françaises. *Travaux de l'Institut de Géographie de Reims*, 69/72 : 55-67.
- Van Steijn, H., Ruig. J. (de) et Hoozemans. F., 1988. Morphological and mechanical aspects of debris flows in parts of the French Alps. *Zietschrift für Geomorphologie.*, 32 : 143-161.