



ÉCOLE DES MINES
DE PARIS
Collège doctoral

N° attribué par la bibliothèque
_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/_____/

THESE

pour obtenir le grade de
Docteur de l'École des Mines de Paris
Spécialité "Géologie de l'Ingénieur"

présentée et soutenue publiquement par
Isabelle BONNET-STAUB

le 26 mars 1998

**MECANISMES D'INITIATION DES LAVES TORRENTIELLES DANS
LES ALPES FRANCAISES
CONTRIBUTION A LA MAÎTRISE DU RISQUE**

ANNEXES

Directeur de thèse : Roger COJEAN

Jury

M. J.C. FLAGEOLLET
M. R. GENEVOIS
M. P. ANTOINE
M. H. KIENHOLZ
M. M. MEUNIER

Rapporteur
Rapporteur
Président
Examinateur
Examinateur

ANNEXES

Annexe I : illustrations de dépôts de laves torrentielles, de moyens de protection et de prévention	1
Annexe I-1 : illustration des dépôts de laves torrentielles	1
Annexe I-2 : illustration des corrections torrentielles	5
Annexe I-3 : systèmes de surveillance et dispositifs d'alarme	9
Annexe II : analyse du contexte environnemental lié aux laves torrentielles	11
Annexe II-1-A : données climatiques générales	11
Annexe II-1-B : historique des événements « laves torrentielles »	13
Annexe II-1-C : fréquence des laves torrentielles	25
Annexe II-1-D : relation laves torrentielles/précipitations	27
Annexe II-2-A : fiche-type d'analyse des laves torrentielles	33
Annexe II-2-B : profils en long des chenaux	39
Annexe II-2-C : courbes hypsométriques	43
Annexe II-2-D : réseau de drainage	47
Annexe III : caractérisation des matériaux des laves torrentielles et des zones d'initiation	51
Annexe III-1 : localisation et identification des échantillons	51
Annexe III-2-A : caractérisation des dépôts torrentiels	71
Annexe III-2-B : courbes granulométriques des dépôts torrentiels	75
Annexe III-2-C : résultats des essais rhéométriques	85
Annexe III-3 : caractérisation des échantillons des zones d'initiation	87
Annexe IV : identification et cartographie des zones d'initiation	89
Annexe IV-1 : méthodes mises en oeuvre pour caractériser les zones d'initiation	89
Annexe IV-2 : légendes et cartes des bassins versants	91
Annexe IV-2-A : cartes du sous-bassin versant du glissement de Bon Attrait (Ravoire)	99
Annexe IV-2-B : historique du glissement de Bon Attrait	105
Annexe IV-2-C : cartes du sous-bassin versant hydrologique du Bragousse	107
Annexe IV-2-D : prospection géophysique dans le torrent du Bragousse	111
Annexe IV-2-E : cartes du bassin versant du Rieu Sec	117
Annexe IV-2-F : cartes des bassins versants du Verdarel et du Sainte Elisabeth	123
Annexe IV-2-G : morphologies des incisions dans les formations morainiques (Verdarel)	129
Annexe IV-2-H : carte géomorphologique du Tuebi et du Real	131
Annexe V : calculs de stabilité	135
Annexe V-1-A : rupture plane, le Bragousse	135
Annexe V-1-B : rupture profonde, le Bragousse	137
Annexe V-2-A : rupture dans les talus morainiques, le Verdarel	141
Annexe V-2-B : incision latérale et rupture de berges, le Verdarel	145
Annexe III-1-A : rupture dans les éboulis, Ravoire	147
Annexe III-2-A : réactivation du glissement, la Ravoire	151



Photo I-1-1 : écoulement terminal de lave torrentielle (1/2 h après le passage)
torrent de l'Arbonne, Savoie



Photo I-1-2 : Trace de passage de lave sur une berge
torrent du Pousset, Savoie

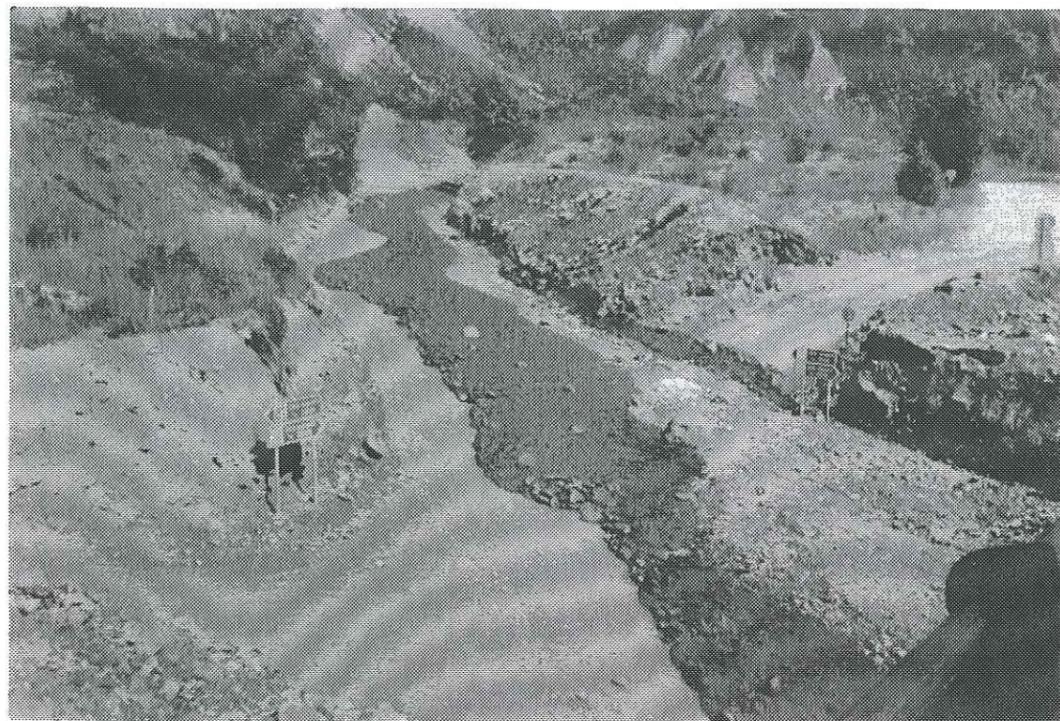


Photo I-1-3 : Lobe de lave torrentielle (moins de 24 h)
Rieu Sec, Savoie



Photo I-1-4 : Lave torrentielle cordée
Rieu Sec, Savoie



Photo I-1-5 : Débordements latéraux de lave torrentielle en toit de berge
Verdarel, Hautes-Alpes



Photo I-1-6 : Front de lave torrentielle
Salso Moreno, Alpes Maritimes

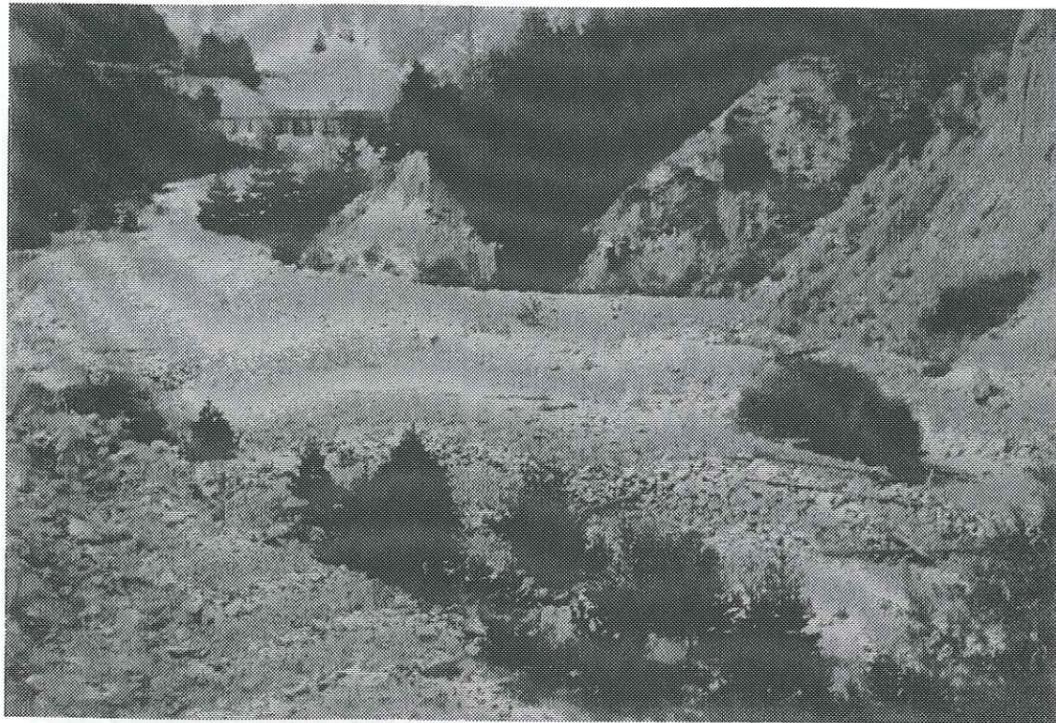


Photo I-1-7 : Dépôt frontal lobé de lave torrentielle
Real, Alpes Maritimes

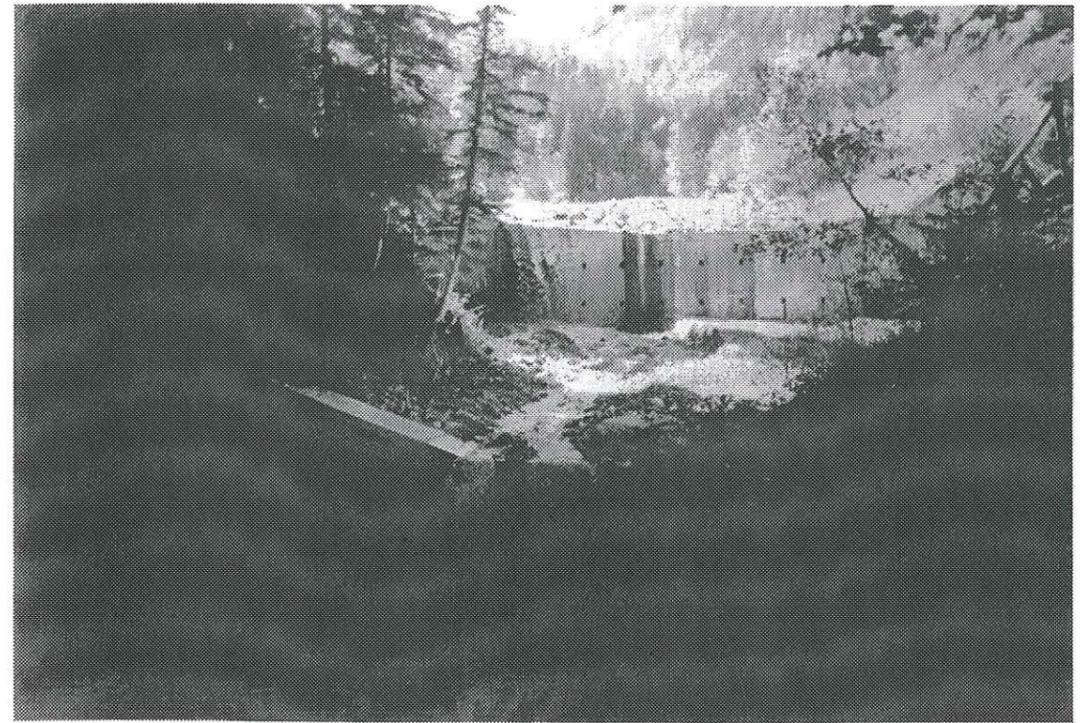


Photo I-2-1 : Barrage de sédimentation et contre-barrage
Torrent du Boscodon, Hautes-Alpes



Photo I-2-2 : Barrage de type japonais pour séparer phases liquide/solide de la lave
Dorfbach, vallée de Zermatt (Suisse)



Photo I-2-3 : Gabion de retenue des éboulis dans une ravine secondaire
Torrent du Real, Alpes Maritimes



Photo I-2-4 : Epis de protection contre l'affouillement et la divagation
Torrent du Boscodon, Hautes-Alpes

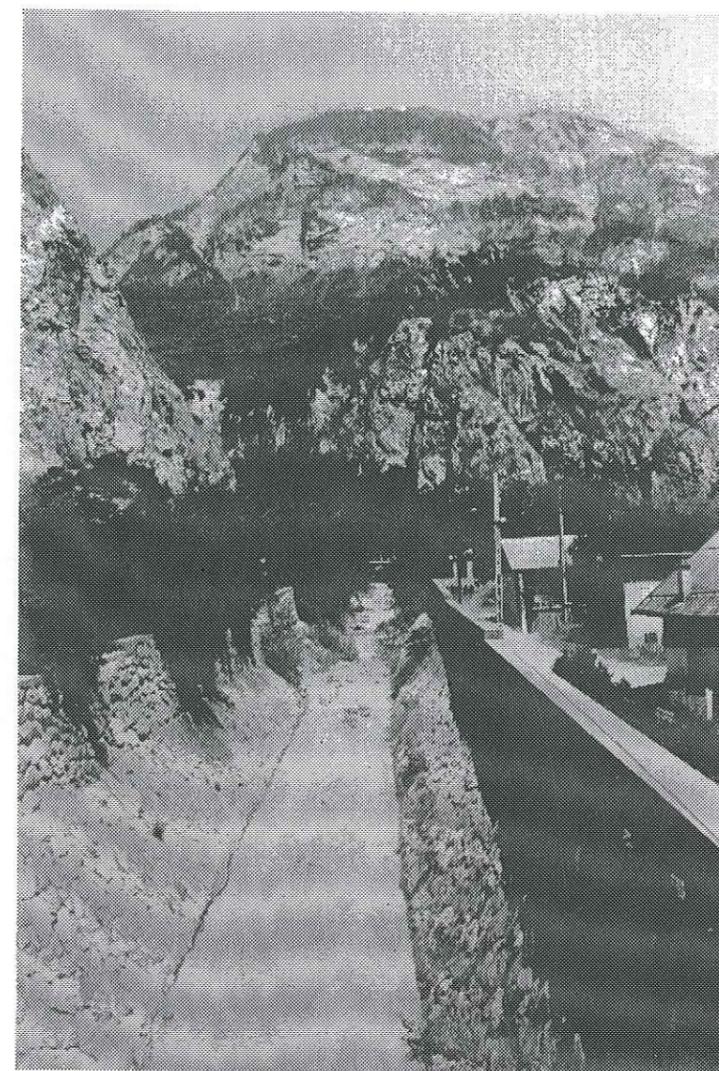


Photo I-2-5 : Canal à biefs affouillables
Torrent de la Ravoire de Pontamafrey

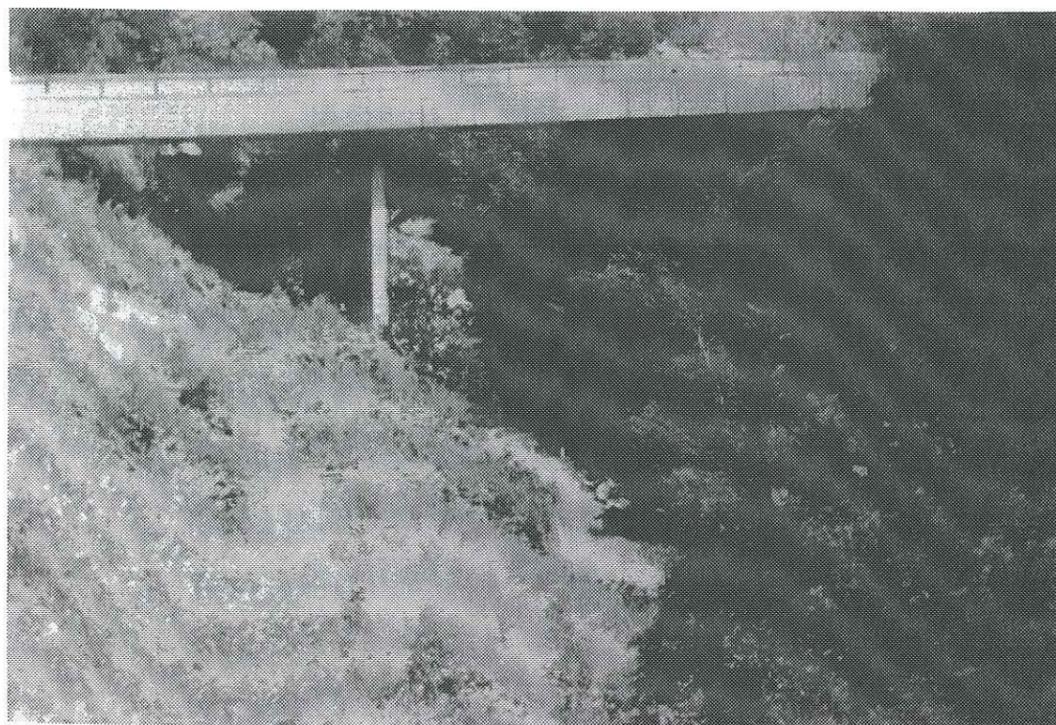


Photo I-3-1 : Système d'alarme

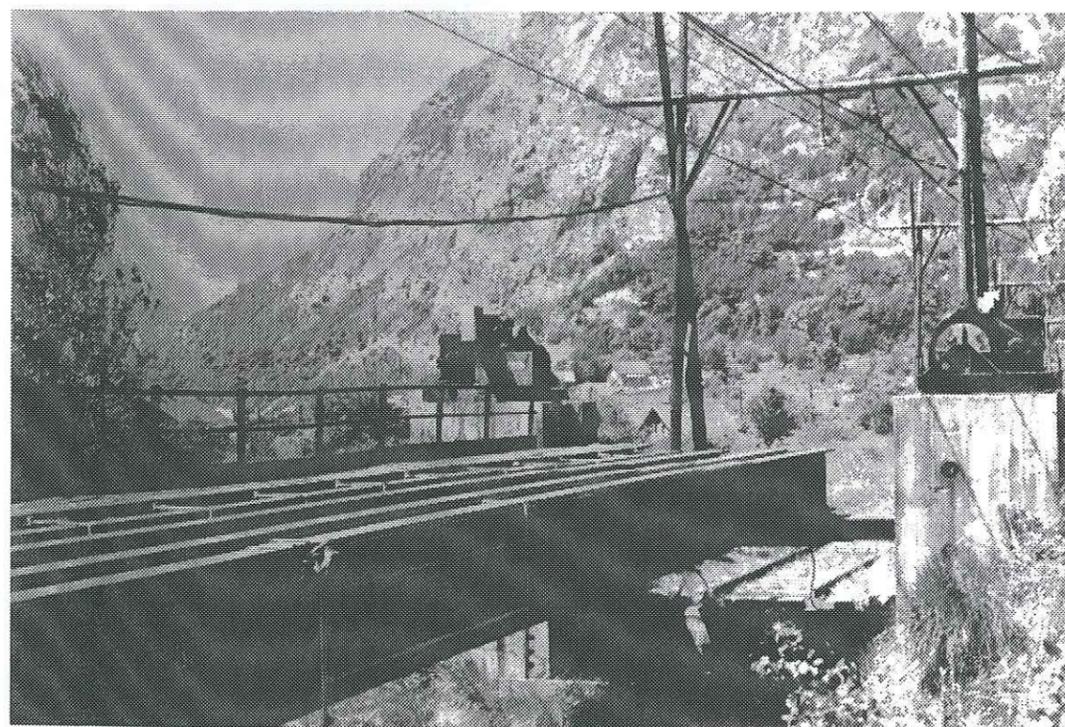


Photo I-3-2 : Voie de dérivation SNCF

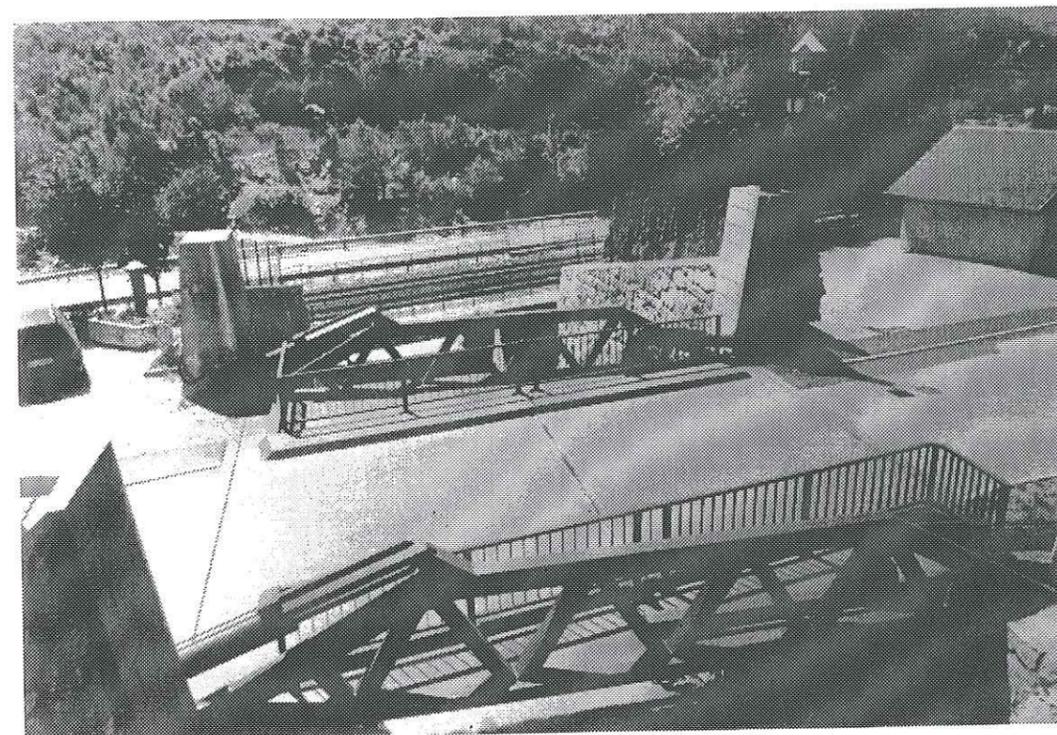


Photo I-3-3 : Pont-levis



Photo I-3-4 : Système de dérivation de la lave torrentielle

Tableau II-1-A-1 : normales des précipitations mensuelles et annuelles (période 1951-1980)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Montpascal (1400 m)	98.1	97.4	76.3	79.2	75.2	86.9	87.9	87.3	71.2	66.6	92.5	108.1	1026.8
St Martin la Porte (820 m)	70.8	72.5	57.5	46.2	52.4	58.3	59.6	63.5	55.2	53	74.3	75	735.4
St Michel de Maurienne (850 m)	91.7	90.9	74.7	66.3	62.3	69.5	64.6	75.4	66.8	75.6	88	100.7	920.9
Embrun (871 m)	62.7	57.1	55.1	47.7	52	67.1	46.4	62	60	69	75.8	61.3	716.3
les Orres (1445 m)	63.8	65.8	74.9	62.9	71.9	87.3	63.2	69.8	75.4	86.6	86.4	63.9	863.4
Monetier-les-Bains (1490 m)	101.3	88.7	77.2	57.8	62.9	61.9	45.7	62.1	76.2	89.7	101.6	86.6	909
Briançon (1324 m)	65.9	66.9	57.7	50	58.8	58	35.4	57.2	56.1	65.7	86.2	68.3	726.5
St Etienne de Tinée (1144 m)	87.4	82.9	97.9	91	92.6	92.9	55.3	76.9	89.4	132.7	131.6	89	1118.2
St Dalmas le Selvage (1510 m)	89.4	90.8	97.1	90.3	92.8	89.2	51.2	69	90.4	136.4	141.4	87.5	1125.4
Puget-Théniers (405 m)	80.2	87.9	88.1	76.3	77.8	78.1	42.8	61.3	68.4	122.1	125.1	89.5	997.5
Valberg (1674 m)	78	81	88.5	80	98.9	97.4	64.4	71.8	79.6	123.9	125.8	78.4	1067.7
Guillaumes (780 m)	78.8	80.5	87	79.8	85.7	86.5	52.5	61.7	71.3	114.3	116.5	82.1	1001.9

Tableau II-1-A-2 : nombre de jours de précipitations mensuels (P>0.1 mm) (période 1951-1980)

	Les Orres			Embrun		
	Moyenne	Valeurs extrêmes	Ecart-type	Moyenne	Valeurs extrêmes	Ecart-type
Janvier	6.5	0-11	3.2	8.9	0-18	
Février	6.2	0-12	3.5	8.9	0-20	
Mars	6.7	0-13	3.9	9.2	0-17	
Avril	7.4	0-12	3.2	9.8	0-14	
Mai	9.1	3-17	3.6	12.3	1-23	
Juin	9.9	5-15	3.4	12.4	3-17	
Juillet	6.9	2-15	3.2	8.7	1-13	
Août	7.2	3-11	2.1	9	2-14	
Septembre	7.2	2-14	3.6	8.4	1-16	
Octobre	6.3	1-16	3.7	8.5	0-17	
Novembre	8	1-15	3.6	10.1	0-19	
Décembre	6.7	1-14	3.3	7.8	0-17	
ANNEE	87.9	61-115	15.7	114	/-145⁽¹⁾	

⁽¹⁾ / : données insuffisantes

Tableau II-1-A-3 : nombre de jours de précipitations mensuels (P>0.1 mm) (période 1961-1988 pour Montpascal - 1951-1980 pour Saint Martin la Porte)

	Montpascal			St Martin-la-Porte		
	Moyenne	Valeurs extrêmes	Ecart-type	Moyenne	Valeurs extrêmes	Ecart-type
Janvier	8.8	2-19	4.2	9.2	1-19	4.4
Février	7.8	1-20	4.1	8.8	0-17	4.7
Mars	8.9	2-18	4.1	8.9	1-18	3.7
Avril	9.8	5-22	4.3	8.7	3-15	3.2
Mai	11.2	6-15	2.9	9.3	6-14	2.5
Juin	11.2	4-20	3.8	10.3	4-18	3.4
Juillet	9.6	5-14	3.1	9.2	4-14	2.5
Août	9.7	2-16	3.4	9.7	3-15	2.7
Septembre	7.8	2-14	3.2	8.1	4-16	3.3
Octobre	7	1-15	3.7	8.1	0-13	4
Novembre	10	2-16	3.8	10.1	3-18	4.4
Décembre	8.8	1-19	5	9	0-18	4.7
ANNEE	109.9	64-139	18.8	109	76-139	14.9

Tableau II-1-B-1 : historique des crues de la Ravoire de Pontamafrey (Savoie) ayant causé des dégâts notables (d'après archives RTM)

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
12 Août 1732		Orages	Laves	Parcelles recouvertes de déjections sur 5 ha et route coupée
30 Juil 1811	79	Pluies	Lave	Pont obstrué à l'amont par les dépôts
16 Fév 1812	1	Long cycle gel-dégel rapide avec pluies continues les 15-16 Fév	Lave	Plusieurs éboulements et nombreux dépôts
16-17 Juin 1825	13	Sac d'eau	Lave	Matériaux entraînés obstruent le pont à l'amont, passent par dessus et recouvrent la route
1836	11	Crues	Lave	2 moulins sont emportés mais pas de dégâts apparents sur le cône
18 Août 1847	11	Ouragan	Lave	Lit comblé et les dépôts ont presque obstrués l'Arc (blocs énormes, parapets emportés)
18 Août 1851	4	Pluie orageuse	Débordement	Route coupée par 10-15 m de pierres et de boue sur 100m, parapets emportés, pont obstrué
25 Juil 1853	2	Pluie battante	Crue	Route partiellement coupée
01 Nov 1859	6	Grandes pluies	Débordement	Coupe la route et emporte le pont SNCF
25 Sept 1860	1		Lave	Dégât du torrent sur la route
5-6 Août 1870	10		Coulées boueuses	Blocs énormes coupent la voie ferrée, la route et des propriétés sont endommagées
11 Août 1904	34	Averse orageuse	Lave	Obstrue le pont de voie ferrée et la route (déjections sur 1.5 m)
01 Juil 1908	4	Orage au Grand Coin	Lave	Tout est ennoyé dans la boue et l'Arc est momentanément obstruée
2 Juil 1924	16		Lave	Route et voie ferrée engravée
30 Août 1930	6	Violent orage de pluie et grêle	Lave	Route et voie ferrée engravée, ligne électrique coupée
1 Juil 1931	1	Orage	Lave	
4 Juil 1931		Orage	Lave	
27-28 Juil 1931		Orages et éboulements	Lave	
31 Juil 1934	3	Orage	Lave	
15 Oct 1934		Pluie	Lave	
6 Nov 1934		Pluie	Lave	
14 Juil 1935	1	Orages	Lave	
6 Juil 1936	1	Pluie et orage	Lave	
8 Juil 1936		Pluie et orage	Lave	
24 Juil 1937	1	Orage	Lave	
15 Sept 1940	3	Chutes de pluie importantes les 14 et 15	Lave	Origine dans le ravin du Grand Pelé
20 Juin 1943	3	Orage au Grand Coin	Lave	
30 Août 1945	2	Orage	Lave	
13 Oct 1952	7	Neige et pluie mêlées	Lave	
2 Déc 1952			Lave	Voie ferrée engravée
21 Juin 1963	11		Coulée	Dépôts de vase
19 Juil 1963		Orage	Lave	Passerelle construite en avril emportée
27 Juin 1964	1	Orage	Lave	
19 Mai 1965	1	Pluie et éboulements	Laves	Voie ferrée recouverte par 1 mètre de boue
20 Mai 1965		Pluie, fonte des neiges et éboulements	Lave	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
3 Juin 1965		Pluie, fonte des neiges et éboulements	Lave	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
4 Juin 1965		Orage	Lave	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
5 Juin 1965		Fonte des neiges et éboulements	Lave	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
7 Juin 1965		Pluie et orage au Grand Coin	Lave	Voie SNCF et RN6 engravées
1 Juil 1965		Orage	Lave	Voie SNCF et RN6 engravées
6-7 Juil 1965		Eboulements	Lave	Pont SNCF arraché
13 -18 Sept 1965		Pluie occasionnant des éboulements	Nombreuses laves	La vallée est coupée deux fois et le village de Pontamafrey partiellement envahi par la boue
15-17-19 Mai 1966	1	Fonte des neiges	Laves	Nombreuses coupures de la RN6 et de la voie ferrée
18 Mai 1966		Poches d'eau et éboulements	Lave	Nombreuses coupures de la RN6 et de la voie ferrée
26 Mai 1966		Belle journée	Lave	Partie du ravin des Ravières
21 Juil 1966		Orage et très faible crue	Lave	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
18 Août 1966		Orage au Grand Coin	Lave	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
30 Août 1966		Pluie	Lave	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
31 Août 1966		Pluie	Lave	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
3 Juin 1967	1	Fonte des neiges et éboulement	Lave	

8 Juin 1967		Pluie et fonte des neiges	Lave	
24 Avril 1968	1	Fonte des neiges	Lave	
1 Mai 1968		Fonte des neiges	Lave	
4 Mai 1969	1	Pluie et fonte des neiges	Lave	
5 Mai 1969		Pluie et fonte des neiges	Lave	
8 Mai 1969		Fonte des neiges	Lave	
14-15 Mai 1969			Laves	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
24-26 Juil 1969		Orage	Laves	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
15 Août 1973	4	Orage violent sur le bassin versant	Lave partie des ravines	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
21 Sept 1973		Pluie de 5 à 10 heures	Laves vers 9 heures	Coupures de la voie ferrée et de la RN6
11 Mai 1974	1	Pluie et fonte des neiges	Lave	Siphonnage des matériaux sous la voûte du barrage A
25 Mai 1975	1	Pluie et fonte des neiges	Lave	Semelle du barrage A affouillée
11 Août 1975		Pluie	Lave	Le barrage A est complètement atterri alors qu'il est à peine achevé
6 Juil 1976	1	Orage au Grand Coin	Lave	
30 Août-1 Sept 1977	1	Orage au Grand Coin	Lave	
24 Juil 1989	12	Orage au Grand Coin	Coulée	Origine à l'amont du glissement de Bon Attrait

Tableau II-1-B-2 : historique des crues du Claret (Savoie) ayant causé des dégâts notables (d'après archives RTM)

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
18 Août 1791		Pluies orageuses et ouragan	Inondation importante	Dégâts aux vignes et aux cultures
12 Juin 1793	2	Orage	Grand débordement	Dépôts chenalisés jusqu'à l'Arc
01 Sept 1802	9	Orage de grêle	Lave	
17 Août 1803	1	Orage	Débordement	Dégrade la rampe de la RN
03 Juil 1804	1	Pluies et orage	Lave	Dépôts importants de pierre et graviers
09 Juil 1804		Pluie dans la nuit et orage	Lave	Dépôts de pierre et de boue sur la RN
20 Juil 1805	1	Sac d'eau	Lave	Pierres et terre éboulées sur la route
04 Juin 1806	1	Orage	Lave	A transporté de très gros blocs qu'il a fallu miner
07 Juin 1806		Orage	Lave	Pierres et terre déposées sur la route
04 Déc 1806		?	Lave	Nouveaux dépôts sur la route
16 Janv 1808	2	?	Débordement	Dépôts sur la route
17 Juil 1808		Orage	Lave	Dépôts coupent la route
16 Août 1810	2	Orage	Lave	Dégrade la route et la recouvre de déjections
16 Juin 1811	1	Orage	Débordement	Recouvre la route
14 Nov 1811		Fortes averses	Débordement	Dépôts de pierres et terre
15-16 Fév 1812	1	Pluies continues et fonte des neiges	Lave	Dépôts de pierre sur la route
05 Août 1812			Lave	Dépôts sur la route
06 Juin 1822	10	Crues d'eau	Lave	Destructions d'ouvrages
11 Juin 1822		Crues d'eau	Débordement effrayant	Destructions d'ouvrages
20 Juil 1835	13	Orage	Lave	Dépôts considérables sur la route
05 Août 1837	2	Pluies d'orage	Lave	Dépôts sur 150 m sur la RN
14 Sept 1839	2	Pluie abondante	Lave	Dépôt de boue et pierres
18 Juin 1845	6	Orage	Débordement	Coupe la route
16 Sept 1845		Orage	Lave	Coupe la route
11 Sept 1846	1	?	Lave	Coupe la route
18 Août 1847	1	Orage	Lave	Dégâts aux digues, à la route et aux ponts et débordement jusqu'au Rieu Sec.
01 Juil 1848	1	Orage	Lave	Heurte et endommage le pont
12 Juin 1852	4	Pluie abondante	Lave	Dépôts sur la chaussée qui écrasent le pont du Claret
04 Août 1853	1	Pluie torrentielle	Lave	Pont provisoire emporté
20 Juil 1871	18	Orage	Lave	Dépôts très étendus, pont SNCF emporté et route obstruée.
24 Juil 1872	1	Orage	Lave	Recouvre la chaussée
Mai 1876	4	Orages	Débordement	
09 Juin 1876		Pluies continues	Nombreux débordements	
30 Juil 1892	16	Orage	Crue (3.5 m)	Endommagement le pont
30 Juin 1894	2	Orages	Lave	Dégâts aux ponts de la RN et du Claret
22 Août 1897	3	Fortes averses	Lave	Endommagent les barrages en construction dans le bassin de réception
02 Août 1899	2	Orages	Divagation sur le cône	Les propriétés sont recouvertes d'1 m de dépôts
18 Août 1909	10	Orage localisé sur le bassin de réception	3 laves successives	Passent sous le pont SNCF à 5 h40 H=2.8m à 5 h50 H=1.3m à 5 h55 H=1.8m
30 Mai 1928	19	Orage	Lave	Obstruction de la RN6
15 Sept 1934	6	Pluie d'une violence extrême à la Croix des Têtes	Lave	Barre l'Arc (épaisseur des dépôts = 3m) et menace d'inonder l'usine du Bochet
18 Juin 1940	6	Pluie	Lave	Voie ferrée coupée et une passerelle est emportée
25 Juin 1942	2	Orage	Lave	Pont de St Julien emporté
20 Juin 1943	1	Orage	Lave	Usine du Bochet inondée après barrage de l'arc (explosion) ; pont emporté sur une dizaine de mètres.
20 Août 1945	2	Orage	Lave	Pont provisoire emporté
8 Juillet 1947	2	Orage	Lave	Pont provisoire déplacé sur environ 50 cm.
11 Juin 1948	1	Orage d'une grande violence	Lave	Pont provisoire emporté, pont SNCF déplacé
15 Juil 1951	3	Orages très violents	Grosses laves	Plusieurs ponts emportés ; importants dégâts à l'usine du Bochet
7 Juin 1955	4	Pluie, orage et fonte des neiges	Lave	Lavoir engravé ; pont de la gare emporté ; trafic SNCF interrompu

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
7 Jul 1957	3	Orage	Lave	Départ de la Combe Mouillée, lave stoppée au barrage.
6 Sept 1960	3	Pluie et orage au Bonnant	Lave	Débordement au barrage et dégâts au pont.
19 Juil 1963	3	Orage	Lave	Abîme le rail du contre-barrage
1 Jul 1965	2	Orage	Lave	Remblaiement du lit sur 1.5 à 2 m.
22 Jun 1970	5	Orage	Lave	Lit obstrué au niveau de la gare.
21-24 Jul 1972	2	Gros orage sur la Combe Mouillée et Combe Bonnant	Lave	Emporte le coffrage du canal EDF.
8 Jul 1973	1	Orage à la Croix des Têtes	Lave	Dégâts causés à l'entreprise du canal.
25 Août 1978	5	Pluie et orage	Lave	Partie du Bonnant vers 2500 m. Obstruction du canal EDF.
Août 1985	7		Laves	Lit engravé jusqu'à l'Arc
2 Jul 1987	2	Violent orage	Lave	Origine : éboulis de "la Parraz" et le Bonnant Pont emporté ; gare et voies ferrées engravées ; usine du Bochet inondée
17-18 Août 1987		Violent orage sur les Encombres	Lave	Uniquement dans la Combe Mouillée.
1 Jul 1989	2	Pluies abondantes les deux jours précédents et violent orage le 1.	Lave (H = 2.5m en moy)	
Mai 1990	1		Coulée de boue	Assez fluide, donc peu dommageable
29 Jun 1993	3	Pluviométrie forte après 3-4 ans de sécheresse, et violents orages en Juin-Juil	Laves	Plage de dépôt remplie jusqu'à surverse et ravinement du chenal au niveau du village
6 Janv 1994	1	Pluies importantes les semaines précédentes et redoux	Lave	Partie des éboulis de "la Parraz" vers 1400 m. Plage de dépôt à moitié remplie.
14 Mai 1995	1		Lave	
30 Mai 1995			Lave	Lave jaune, donc initiée dans pentes d'éboulis ouest

Tableau II-1-B- 3 : Historique des crues du Rieu Sec (Savoie) ayant causé des dégâts notables (d'après archives RTM)

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
16 Nov 1781				Affouillement important- route coupée
25 Janv 1792	11		Débordement	Route barrée
14 Jun 1795	3	Averses de grêle	Débordement	Inondations et engravements
13 Mai 1801	6	Averse brutale	Lave	Erosion importante (roche mise à nu)
12 Déc 1801			Lave	Reprise des dépôts laissés par la lave du mois de mai
01 Sept 1802	1	Orage de grêle	Lave	
03 Jul 1804	2	Pluie	Lave	Dépôts importants de pierre et graviers
10 Janv 1809	5	Pluie	Lave	Charriage de terre et pierre sur la route pendant environ 10 jours
16 Jun 1811	2		Débordement	Coupe la route
18 Jun 1811			Lave	Eboulement et dépôts sur la route
14 Nov 1811		Fortes averses	Débordement	Dépôt de terre et pierre
15-16 Fév 1812	1	Pluies continues et fonte des neiges	Charriage?	Dépôts importants sur la route
5 Août 1812			Lave	Dépôts de pierre et graviers sur la route
30 Sept 1813	1	Crue extraordinaire	Lave	Dégradation de la route
Jun 1815	2		Lave	Engrèvement de la route
31 Jul 1815		Pluie torrentielle	Lave	
06 Jun 1822	7	Crues d'eau	Lave	Destruction d'ouvrages
11 Jun 1822		Crues d'eau	Débordement	Destruction d'ouvrages
06 Nov 1836	14	Pluies abondantes les jours précédents	Lave	Divagation du torrent sur le cône
12 Juill 1837	1		Débordement	Débordement et éboulis sur la route
14 Août 1843	6	Pluies avant; temps calme pendant l'événement	Lave	Terres ébouleées entraînées
18 Jun 1845	2		Débordement	Coupe la route
Sept 1845			Id	Coupe la route
11 Sept 1846	1		Lave	Coupe la route
15 Jun 1847	1		Charriage	Dépôts sur la route
11 Jun 1849	2		Lave	Coupe la route
12 Jun 1852	3	Pluie abondante	Crue et charriage	Dépôts sur la chaussée
1 Nov 1859	7		Lave	Coupe la route
25-26 Sept 1860	1		Lave	Obstruction de la route
17 Août 1868	8	Pluies abondantes	Lave	Chaussée emportée
30 Mai 1869	1		Lave	Atteint la voie ferrée
16 Nov 1870	1	Crue violente	Coulées successives	Ouvrent une brèche dans la RN en direction de l'Arc
20 Jul 1871	1	Bourrasque	Lave	Dépôts très étendus
14 Jun 1893	22	Orage assez fort après quelques jours de chaleur accablante	Lave	Route engravée
1-3 Oct 1893		Pluies importantes	Lave	Divagation sur le cône et inondations
31 Jul 1894	1	Orage	Lave	Engrèvement des vignes et de la RN6
7 Mai 1897	3	Fortes averses	Crue violente	Endommagement des barrages en construction
28 Jul 1901	4	Crue (2.4 m)	Lave	Recouvre la RN de déjections
31 Mars 1902	1	Averses très abondantes (55 mm à St Jean) et fonte des neiges	Lave	Couche de déjection de 40 cm, dépôts sur la route, barrage emporté dans le bassin de réception
15 Jun 1904	2		Lave	Coupeure de la RN6
28 Juill 1904			Lave	Coupeure de la RN6
18 Août 1909	5	Orages	Crue soudaine	RN 6 coupée et engravée
1910	1		Lave	
1914	4		Lave	
1922	8		Lave	
23 Jun 1927	5	Orage	Lave	Pont obstrué et dépôts sur la RN6
23 Juill 1927		Pluie et orage	Lave	Engrèvement de la RN6
30 Mai 1928	1	Orage	Lave	Obstruction de la RN6
2 Sept 1928		Orage	Lave	Obstruction de la RN6
28 Sept 1928		Orage	Lave	Obstruction de la RN6
11 Jun 1930	2	Orage	Lave	Légère coupure de la RN6
11 Jun 1948	18	Orage très violent	Lave	RN 6 coupée et voie ferrée endommagée
15 Juill 1951	3	Pluie, orage et éboulement	Lave	Pont de la RN6 emporté (gros blocs de taille supérieure à 50 m ³)
30 Jun 1953	2	Orage	Lave	Dégâts au pont provisoire
6 Sept 1960	7	Pluie et orage au Bonnant	Lave	Légère obstruction de l'Arc
21 Juill 1972	12	Gros orage au Bonnant	Lave	Débordement de lave cause des dégâts au chantier EDF
24 Juill 1972			Lave	
8 Juill 1973	1	Orage à la Croix des Têtes	Lave	Dégâts aux travaux EDF
Août 1985	12		Lave	Descend jusqu'à l'Arc
18 Août 1987	2	Orage dans la nuit du 17 au 18	Lave (10000 m ³)	Des touristes installés sur le cône de déjection sont encerclés par une lave
17 Jun 1988	1	Pluie et orage violent	Lave	Partie des éboulis en pied de falaises. Dépôts jusqu'à l'Arc.
12 Mai 1989	1	Pluie et orage	Lave	Partie des éboulis en pied de falaises. Dépôts jusqu'à l'Arc.
Mai 1990	1		Lave (4-5000 m ³)	Engrave le lit sur une épaisseur de 1 m à l'aval du pont de la RN6
29 Jun 1993	3	Pluie orageuse	Lave	Lave partie de la Combe du Rieu Sec. Léger engrèvement de la RN6
18 Mai 1995	2		Lave	

Tableau II-1-B-4 : historique des crues du Pousset (Savoie) ayant causé des dégâts notables (d'après archives RTM)

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
22 Déc 1740			Lave	L'Arc est obstruée et les eaux remontent 600 mètres à l'amont, inondant un village
18 Août 1812	72		Lave	L'Arc est rejetée contre la RN6
1 Nov 1859	47		Lave	L'Arc est obstruée et son niveau s'élève de 9 mètres
6 Juin 1877	18		Crue	L'Arc déjetée contre la RN6 l'emporte sur 50 mètres
6-7 Juin 1878	1		Lave	Cause la fameuse "brèche des Sorderettes"
6 Avr 1901	3		Lave	L'Arc est partiellement obstruée
21 Mai 1904	3		Lave	L'Arc est partiellement obstruée
30 Mai 1904			Lave	Inondation des travaux hydroélectriques en cours
8 Juil 1910	6	Pluies importantes entraînant une fonte des neiges tardives	3 laves successives (au moins 30000 m ³)	L'Arc est obstruée et son niveau s'élève de 4.2 mètres ; mur de soutènement de la RN6 emporté
Fév 1921	11		Lave	Arc obstruée, RN6 emportée en deux endroits
30 Août 1924	3		Lave	L'Arc est déjetée contre la RN6
Mai 1932	8		"Avalanche de boue et de pierre"	
1938	6		Crue et lave	
23 Nov 1944	6	Pluies importantes en période de redoux et fonte des neiges prématurée	Lave	Eboulements sous l'effet des pluies Pont emporté et engravement du cône de déjection
1946	2		Crue	Engravement de l'Arc
24-25 Juin 1948	2		Coulée de boue	Pont de la RN6 emporté
11 Juin 1950	2	Violent orage et averse de grêle	Lave	Pont des Basilières emporté
27 Mai 1951	1	Pluie et fonte des neiges au Genevret	Lave	Pont des Basilières emporté et route coupée
12 Juin 1952	1	Violent orage et averse de grêle	Lave du Pousset	L'Arc et une route sont partiellement coupées
9 Fév 1955	3	Pluies importantes en période de redoux et fonte des neiges	Lave partie du Genevret	Eboulements et affouillements des berges. Coupure de la RN6 et d'une autre route ; barrages emportés
11 Avr 1963	8	Fortes pluies et fonte d'un stock important de neige	Lave	Glissement sous Orelette. Lave provoque élargissement et ravinement des berges ; chemin emporté
2 Mai 1966	3		Lave	Passerelle emportée
Été 1970	4	Fonte d'un stock exceptionnel de neige	Lave importante	Lâcher EDF permet de dégager rapidement la confluence avec l'Arc
Dbt ptps 1972	2		Laves	Obstruction de l'Arc
29 Avr 1977 1 Mai 1977	5	Fonte des neiges au Genevret et fortes pluies	Laves	Rupture d'une poche d'eau dans le ravin de l'Arpont. Le torrent est déjeté en partie gauche de son cône et menace le village du Poucet
1 Avr 1977			Laves	Rupture d'une poche d'eau dans le ravin de l'Arpont. Le torrent est déjeté en partie gauche de son cône et menace le village du Poucet
19-20-22-23 Mai 1978	1		Série de coulées	Se produisent à la suite d'un glissement déclenché le 30 Mars
Juil 1979	1	Forte pluviosité générale	Crues importantes	Série de coulées
14-15 Juin 1980	1		Lave	Origine dans l'effondrement des berges
13 Avr 1981	1		7 laves en 3 épisodes	Parties du ravin de l'Ile (vers 1900) et ravin des Bois. L'Arc est repoussée contre le mur de soutènement de la RN6
20-26 Mai 1986	5	Orage et fonte des neiges	Lave	Partie après l'écroulement en haut du bassin de l'Ile. Des milliers de m ³ de matériaux amenés jusqu'à l'Arc
18 Mai 1994	8	Pluie les jours précédents	Lave	Descendue jusqu'à l'Arc
24 Mai 1994			Lave	
11 Mai 1995	1		Lave	
13-14 Mai 1995			Lave	
16 Mai 1995			Lave	
1 Juin 1995			2 laves	1 très importante
2 Juin 1995			2 laves	Débordement à 900 et 930 m d'altitude
25 Juillet 1995			Lave	
25 Juin 1996	1	Pluies durables les jours précédents et la nuit de l'événement	Lave	

Tableau II-1-B-5 : historique des crues du Sainte Elisabeth (Hautes-Alpes) ayant causé des dégâts notables (d'après archives RTM)

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
1394			Crues	Territoires dévastés
1434	40		Crues	Territoires dévastés
1447	13		Crues	Territoires dévastés
1467	20		Lave	
1484	17		Lave	
1699	215		Lave	Village en partie submergé ; rues engravées
18 Avr 1788	89		Lave	Terrains engravés
2 Juil 1826	38		Lave	Pont de la RN31 emporté, digues emportées, récoltes et terres largement endommagées
1843	17		Lave	Dégâts aux ponts, digues, chemins et fontaines
1847	4		Lave	Dégâts aux ponts, digues, chemins et fontaines
29-30-31 Mai 1856	9		Lave	Des gros blocs sont charriés jusqu'au niveau du village
1866	10		Crue	
7-9 Juin 1879	13		Crue	Ponts abattus, maisons inondées, 1 blessé
22 Juil 1914	35		Lave	RN 91 coupée, 1 blessé
28 Oct 1926	12		Crue	RN 91 coupée, maisons inondées, 1 blessé
11 Juil 1941	15		Lave	Passerelle coupée, bloc de 8 m ³ coincé sous le pont, fouilles de barrages comblées, chemins d'accès effondrés
07 Juin 1955	14		Lave	Débordement en amont d'un pont (engorgement?)
04 Août 1977	22		Laves	Terrains engravés (pont-levis relevé)
9 Juil 1981	4	Fortes pluies	Lave	
24 Juil 1995	14	Orage et chute de grêle	Lave	Passerelle piéton emportée et débordement au pont de la Villette.

Tableau II-1-B-6 : historique des crues du Verdarel (Hautes-Alpes) ayant causé des dégâts notables (d'après archives RTM)

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
1394		(Gd)	Crues	Territoires dévastés
1434	40	(Gd)	Crues	Territoires dévastés
1447	13	(Gd)	Crues	Territoires dévastés
1749	302		Crue	Maisons emportées
1756	7		Lave	Canal d'irrigation comblé sur 2 km, passerelle emportée
1757	1		Lave	Canal d'irrigation comblé sur 2 km, passerelle emportée (comblement moins important)
Ptps 1792	35	(Gd)	Crue	Eboulement des berges et formation d'embâcles
29-31 Mai 1856	64	(Gd)	Crue	Charrage d'une grande quantité de matériaux
1871	15	(Gd)	Crue	
1901	30		Lave	
22 Juil 1914	13	(Pt et Gd)	Lave	RN 91 coupée
28 Oct 1926	12	(Gd)	Crue	Pont obstrué, RN 91 coupée
21 Oct 1928	2	(Gd)	Crue	RN 91 coupée
28 Juil 1937	9	(Malatra)	Lave	RN 91 coupée, volume de matériaux charriés estimé à 15000 m ³
9-10 Juin 1948	11	(Pt)	Lave	RN 91 coupée et obstruée
16 Nov 1963	15	(Pt)	Lave	Lit comblé et 1 maison menacée
09 Juil 1981	18	(Gd)	Laves	30000 m ³ de matériaux charriés
22 Juil 1988	7	(Gd)	Lave	Terrains engravés, débordement sur le cône, village menacé, ponts obstrués, conduite d'eau potable affouillée

Tableau II-1-B-7 : historique des crues du Boscodon (Hautes-Alpes) ayant causé des dégâts notables (d'après archives RTM)

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
12 Juil 1793			Crue torrentielle	Digues rompues et canaux engravés
2-3 Juil 1826	33		Crue torrentielle	Pont du Boscodon emporté
30 Août 1837	11		Crue torrentielle	Maisons engravées, champs et récoltes dévastés, RN engravée, digue rompue 1 victime
13 Juin 1856	19		Crue torrentielle	Pont emporté, route coupée
26 Juin 1908	52		Lave	Charriage de blocs de 6 m ³ à 15 km/h
11 Juil 1918	10		Crue torrentielle	RN engravée et coupée pendant deux jours
29 Août 1946	28		Crue torrentielle	Pont de la RN94 obstrué, pont du Marquisat emporté
4 Juin 1950	4		Crue torrentielle	Ouvrage RTM endommagé
6 Juin 1950			Lave	
15 Sept 1950			Lave	Barrage comblé
13 Mars 1951	1		Crue torrentielle	Ravinement important, ornières creusées et chemin vicinal interrompu
19 Mars 1951			Crue torrentielle	Contre-barrage endommagé
23 Juin 1951		Forte neige	Crue torrentielle	Ouvrages RTM touchés
8 Août 1951			Crue torrentielle	RN 94 coupée, ouvrages RTM touchés, 7 ha de terrains engravés, contre-barrage détruit
31 Août 1951			Crue torrentielle	Pont emporté, ouvrage RTM détruit, RN 94 engravée
6 Juil 1953	2		Laves	Passerelle emportée, modification importante des atterrissements de barrage, ébranlements des maisons au passage des laves
12 Juil 1953			Laves	
14 Juin 1954	1		Lave	Remaniement des matériaux des atterrissements
9 Août 1954			Lave	Ouvrages RTM endommagés
21 Août 1954			Lave	Ouvrages RTM touchés, enlèvement des matériaux à l'aval du B2, atterrissement à l'aval du Marquisat
24-25 Oct 1954		(Bragousse)	Crue torrentielle	Arrachement des matériaux dans l'atterrissement des barrages
8 Juin 1955	1		Petite crue	
7 Juil 1955		(Bragousse)	Lave	Enlèvement des matériaux en amont du B1 et atterrissement à partir du CB2
10 Juil 1956	1	(Bragousse)	Crue torrentielle	Ponts et ouvrages RTM endommagés, dommage au barrage 3
21 Juin 1957	1	(Bragousse)	Crue torrentielle	Ramonage en amont du B1
14 Juil 1959	2	(Bragousse, Colombier)	Crue torrentielle	RN 94 engravée, pont obstrué, deux ponts emportés dans le chenal
1959			Crue torrentielle	Epis en maçonnerie disloqués
22 Juin 1961	2	(Bragousse, Infernet)	Crue torrentielle	Passerelle emportée, ouvrages RTM endommagés, gabion emporté
16 Nov 1963	2	(Infernet)	Crue torrentielle	Affouillement d'un gabion
24 Août 1984	21	(Bragousse)	Crue torrentielle	Le CB2, atterri à moitié, est renversé
3 Juil 1986	2	(Boscodon)	Crue torrentielle	
1 Janv 1991	5	(Bragousse)	Lave	
13 Août 1995	4	(Bragousse) Pluie dans le cirque	Lave	Débordement en rive droite du pont du Bois ; touristes encerclés en bordure du lac sur le cône

Tableau II-1-B-8 : historique des crues du Tuebi (Alpes Maritimes) ayant causé des dégâts notables (d'après archives RTM)

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
26 Nov 1886			Lave	Route de Peone coupée, village de Guillaumes inondé après rupture d'une digue
23 Sep 1920	34	(Real)	Lave	Dégâts à des prairies
Nov 1926	6	(Real)	Lave	Dégâts à des prairies
Sept 1938	12	(Real)	Lave	Dégâts à des prairies
Eté 1952	14		Lave	
Eté-automne 1968	16		Lave	
Automne 1976	8		Lave	
Oct 1979	3		Lave	
Sept 1985	6		Lave	
Août 1990	5		Lave	
1992	2		Lave	
Juil 1993	1		Lave	
17 Oct 1994	1	(Real)	Lave	Engrèvement du passage à gué sur la route d'Alliège
20 Oct 1994		(Real) Fortes pluies	Lave	Engrèvement du passage à gué sur la route d'Alliège
Evénements		quasiment annuels	Lave	

Tableau II-1-B-9 : historique des crues du Salso Moreno (Alpes Maritimes) ayant causé des dégâts notables (d'après archives RTM)

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
1848			Lave	Renversement et engrèvement de l'église
Sept 1900	52		Lave	Epdage important
1956	56		Lave	1 mort
Oct 1965	11		Lave	Menace du hameau du Pra
Oct 1977	12		Lave	Digue de protection éventrée
1979	2		Lave	Digue de protection éventrée
Juil-Oct 1981	2		Laves	

Crues pluriannuelles à l'automne (les crues sont souvent liquides mais à très fort débit: 160 m³/s le 12 Octobre 1991)

Tableau II-1-B-10 : historique des crues du Saint Martin (Savoie) ayant causé des dégâts notables (d'après archive RTM)

DATE	Retour	EVENEMENT CLIMATIQUE	TYPE	DOMMAGES CAUSES
26 Oct 1778		Pluies abondantes	Lave	Arrache le pont de la RN6
1797	19		Lave	Déborde sur le cône par la droite, à l'emplacement du hameau des granges
1801	4		Lave	Destruction du pont du village
17 Juil 1808	7		Lave	Débordement au niveau de la RN6 (sous le village), engrèvement de vignes
16-17 Fév 1812	4	Dégel rapide et fortes pluies	Lave	Engrèvement de la route impériale
12 Sept 1813	1	5 jours de pluie	Lave	Débordement en rive gauche et engrèvement de la route
6 Juin 1822	9		Lave	Atteint le tablier du pont et déborde sur la route (engrèvement)
11 Juin 1822			Lave	S'arrête et s'étale sur la route
31 Août 1822			Lave	Comble le lit du torrent
8 Juil 1824	2	Orage	Lave	Débordement et dégâts sur la route impériale
14 Août 1825	1		Lave	Pont de la route emporté
3 Juil 1826	1		Crue	Pont emporté, restauré puis de nouveau emporté par une coulée
27 Août 1834	8		Lave	Engrèvement du cône sur une épaisseur supérieure à 1 mètre
1838	4		Crue	Emporte le pont de la route impériale
1 Nov 1859	21	Grandes pluies	Lave	Débordement dans le chenal à l'aval des gorges (dépôts de blocs de 4-5 m) et engrèvement des vignes
16 Nov 1870	11		Lave	Engrèvement de la RN6 et modification du lit d'écoulement
9 Juin 1876	6	Pluies continues	Lave	Plusieurs débordements du torrent par suite de comblements successifs du lit.
9 Juin 1877	1		Lave	Engrèvement de 5 ha de vignes, de la RN6 et voie ferrée coupée
19 Juil 1881	4	Orage	Lave	Débordement du torrent
18 Août 1881		Orage	Crue	
6 Oct 1885	4		Lave	Change une nouvelle fois de lit
27 Juil 1887	2		Lave	Dommages aux barrages du ravin de la Besse
10 Déc 1887		Pluies abondantes	Lave	Débordement et coupure de la RN6
29 Juin 1890	3	Orage sur le ravin de la Besse	Lave	Vitesse moyenne de 4500 m/h (parcourt 6760 m du ravin jusqu'au cône) ; voie ferrée et RN6 coupées
29 Juil 1890		Orage	Lave	Même origine et mêmes conséquences que la lave du 29 Juin 1890
23 Août 1891	1	Fonte des neiges	Lave	Partie du ravin de la Besse et descend en causant peu de dégâts
2 Août 1899	8	Orage	Coulée boueuse et lave	Une coulée boueuse emporte les matériaux du glissement du Bonrieu qui recouvraient 5 seuils et 1 barrage de 17 m ; une lave est initiée dans le ravin de la Besse qui détruit 30 seuils et barrages, et dégrade le canal endigué
7 Juin 1925	26	Orage très violent avec grêle, intense sur les pentes SE du perron des Encombres	Lave (H = 1.5 m)	Initiée dans le ravin de la Besse ; elle y démolit 17 barrages, et 13 dans le Benoît
21 Juin 1938	13	Orage	Eoulement et lave	Emporte une passerelle et dégrade un pont
1 Juil 1939	1	Pluie diluvienne	Eboulement et crue	Simultanée dans le Benoît et le Bonrieu. Peu volumineuses (350 m ³)
15 Sept 1940	1	Orage et pluie sur le Bonrieu	Crue	Emporte deux ponts et dégrade le radier du canal endigué
20 Juin 1943	3	Orage surtout localisé sur la Besse	Lave	Partie du ravin de la Besse, elle déborde sous la Planchette, et recouvre la route pastorale ; dégâts importants aux ouvrages de correction
15 Juil 1951	8	Orage sur le Benoît	Laves	Abîme les barrages et submerge les vignes en rive droite
27 Juil 1951			Laves	Descendent de la Besse. Débordement en rive gauche et arrachement du couronnement d'un barrage dans les hauts de St Martin
14 Août 1953	2	Orage violent sur le col des Encombres	Lave	Partie du Benoît ; ne cause pas de dégâts
24 Août 1954	1	Orage	Lave	Pas de dégâts mai 50 tonnes de matériaux sont transportés jusqu'à l'Arc

21 Juil 1972	18	Orage	Lave (peu volumineuse)	Débordement du Benoît qui engrave la route communale de St Martin à Charbutan
5 Mars 1979	7		Eboulement	A l'aval des gorges, accumulation de matériaux qui risquent de causer un débordement ; curage
29-30 Juin 1993	14	Pluie forte le 29	Crue	Dépôts de faible importance
1 Juil 1993		Pluie d'orage	Lave	1 bloc d'environ 100 m ³ est déplacé sur environ 150 m ; plage de dépôt comblée puis vidangée naturellement. Débordements latéraux peu importants le long du canal et obstruction de l'Arc
5-6 Juil 1993		Pluie et orage	Lave	Plage de dépôts comblée. Un bloc d'environ 100 m ³ est poussé sur 100 m. Provoquent la réactivation de la langue de glissement du Bonrieu.

Annexe II-1-C : fréquence des laves torrentielles

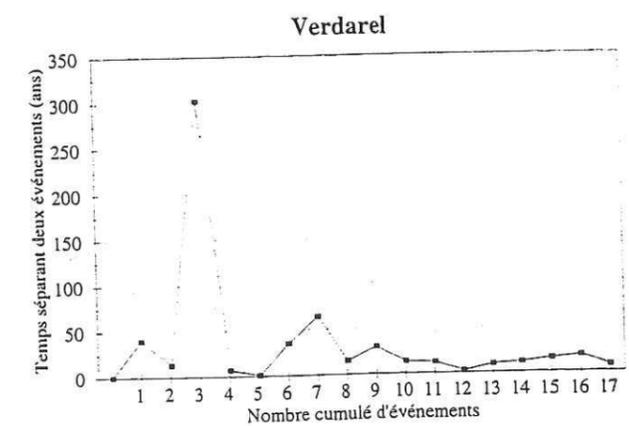
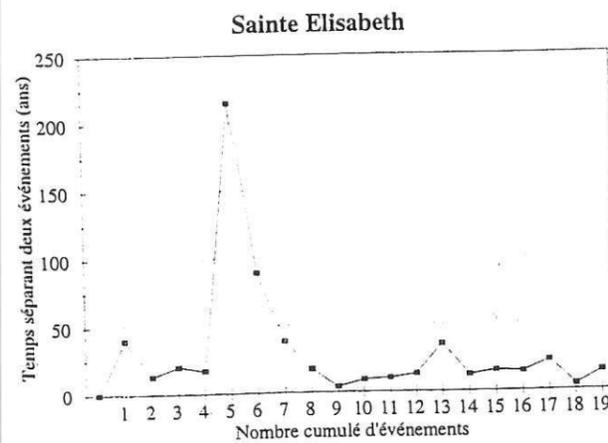
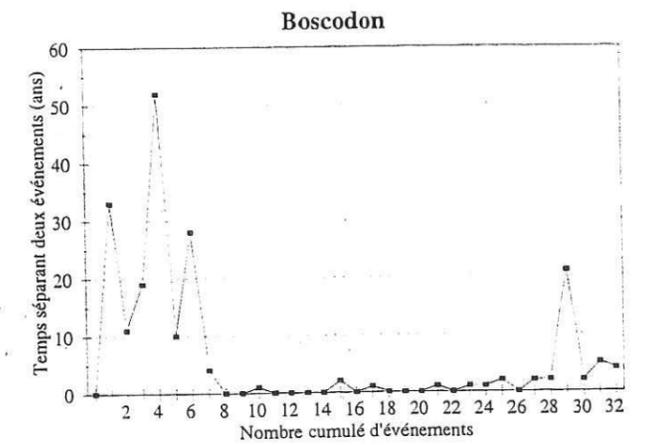
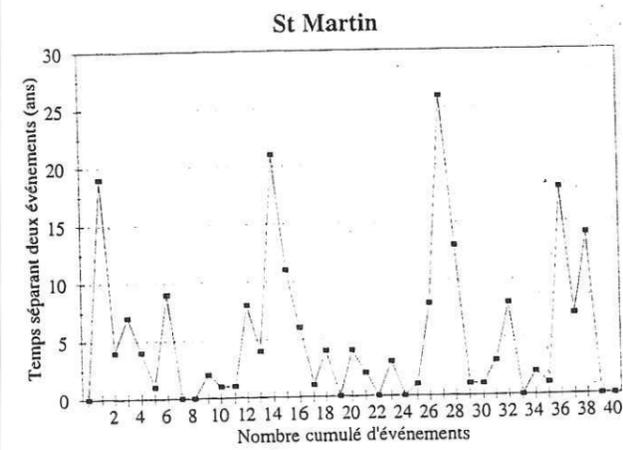
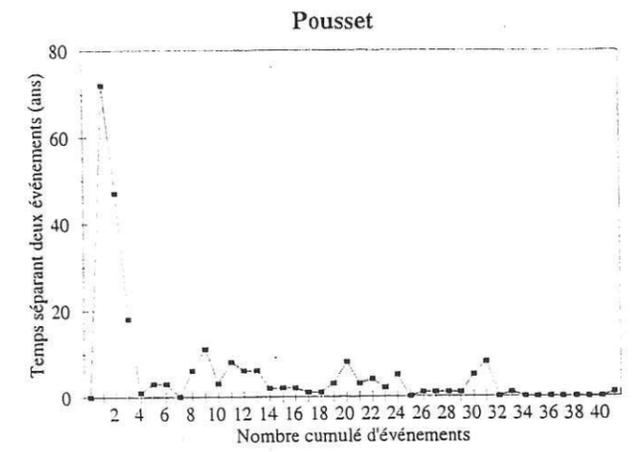
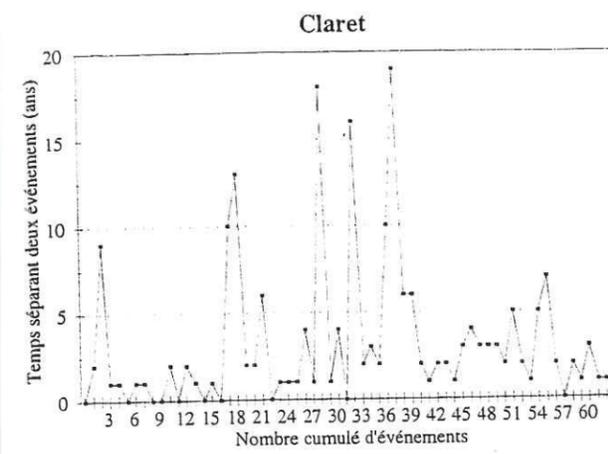


Figure II-1-C-1 : évolution du temps séparant deux événements « laves torrentielles » successifs

Annexe II-1-D : relation laves torrentielles/précipitations

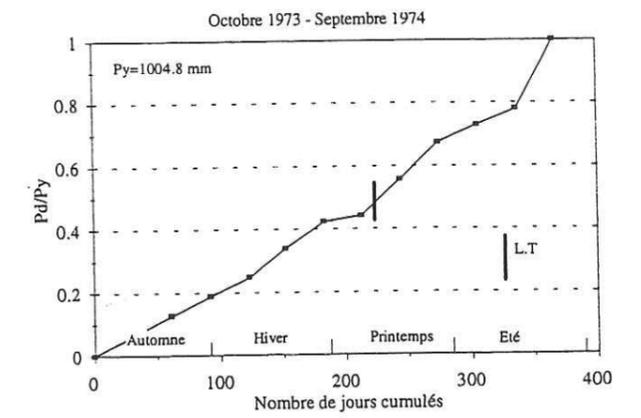
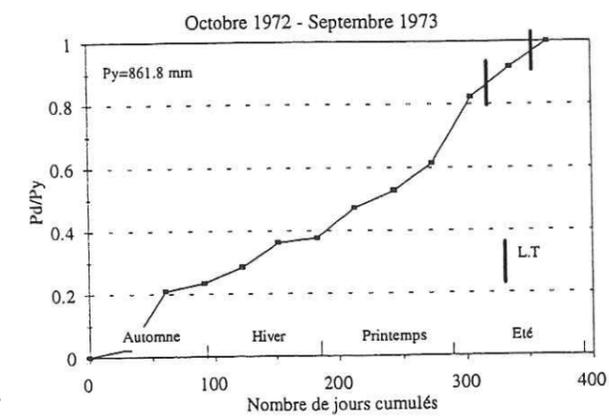
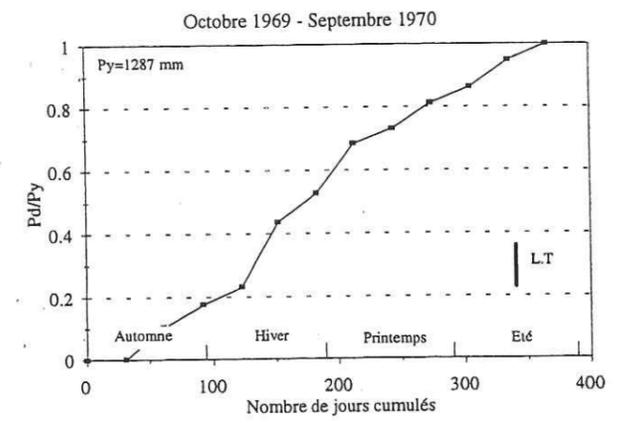
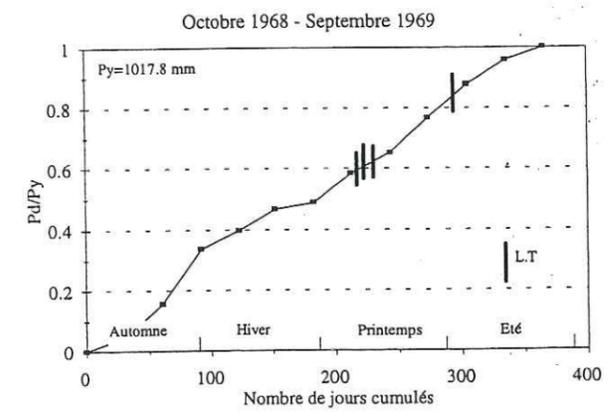
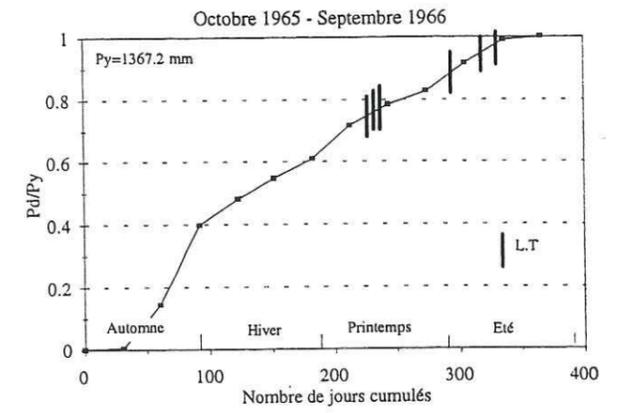
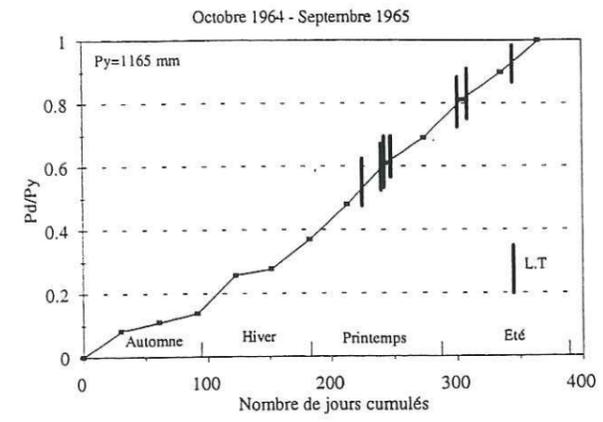


Figure II-1-D-1 : indices de pluie cumulée en relation avec les laves torrentielles
Torrent de la Ravoire de Pontamafrey (Savoie)

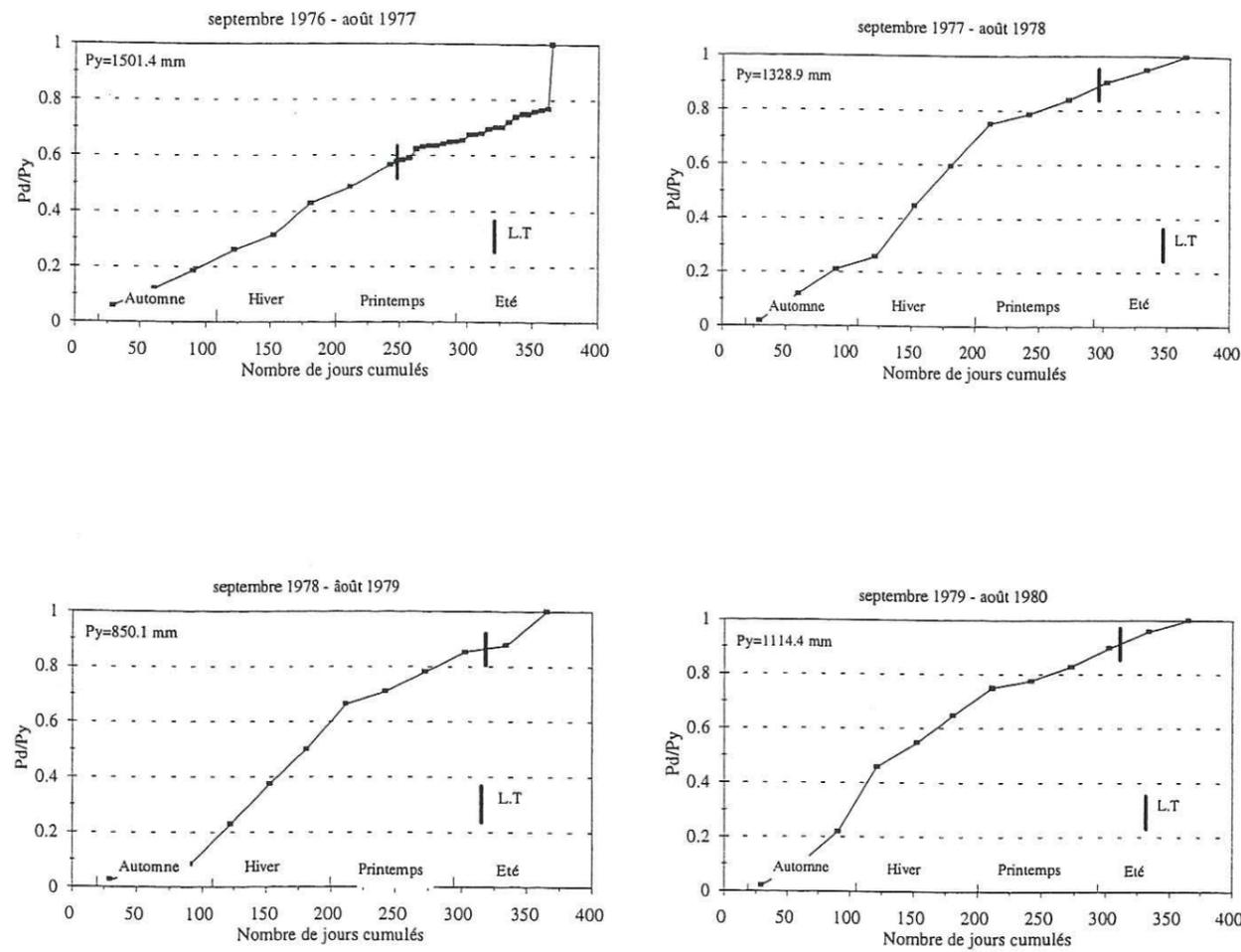


Figure II-1-D-2 : indices de pluie cumulée en relation avec les laves torrentielles
Torrent du Pousset (Savoie)

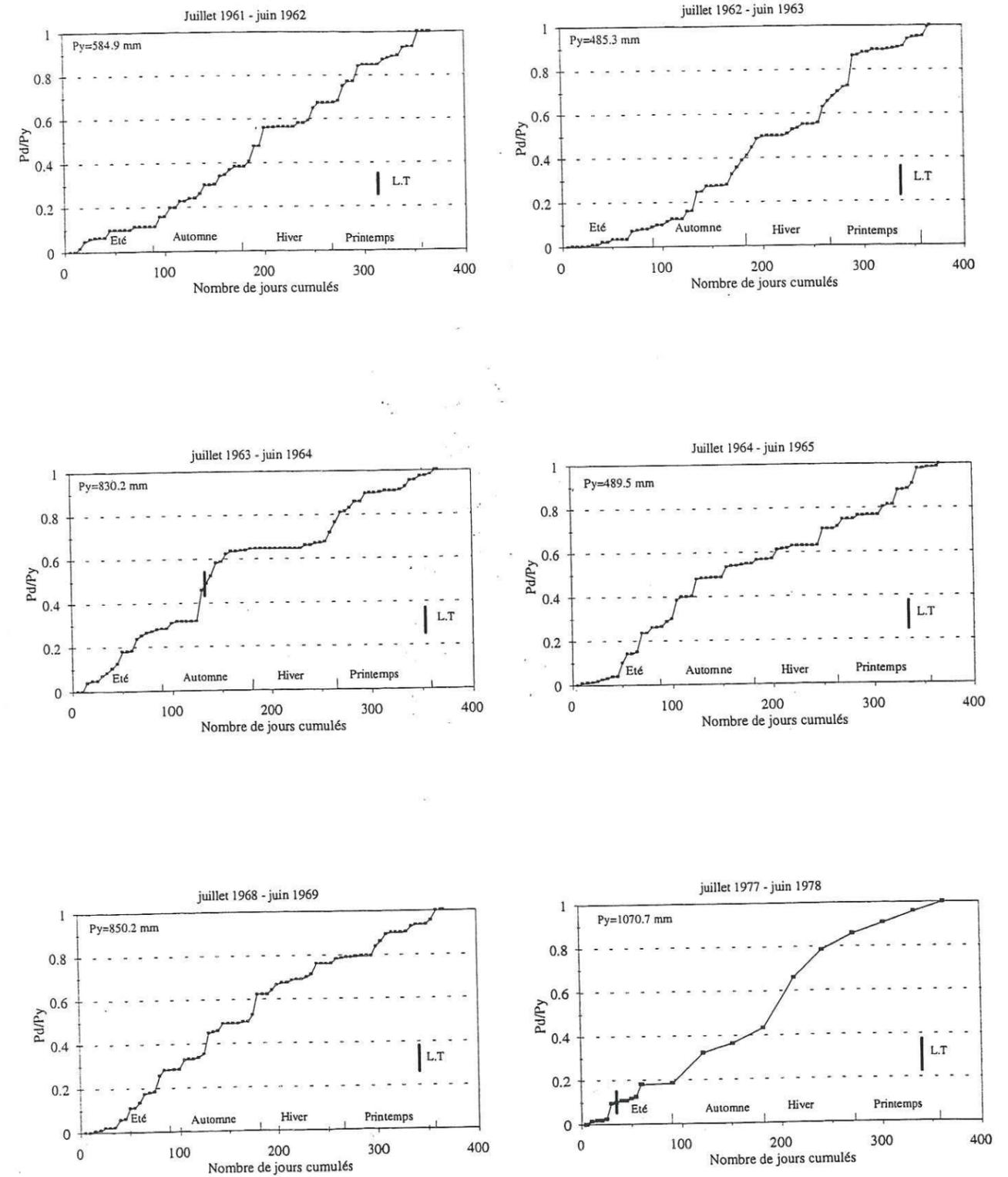


Figure II-1-D-3 : indices de pluie cumulée en relation avec les laves torrentielles
Torrents du Verdarel et du Sainte Elisabeth (Hautes-Alpes)

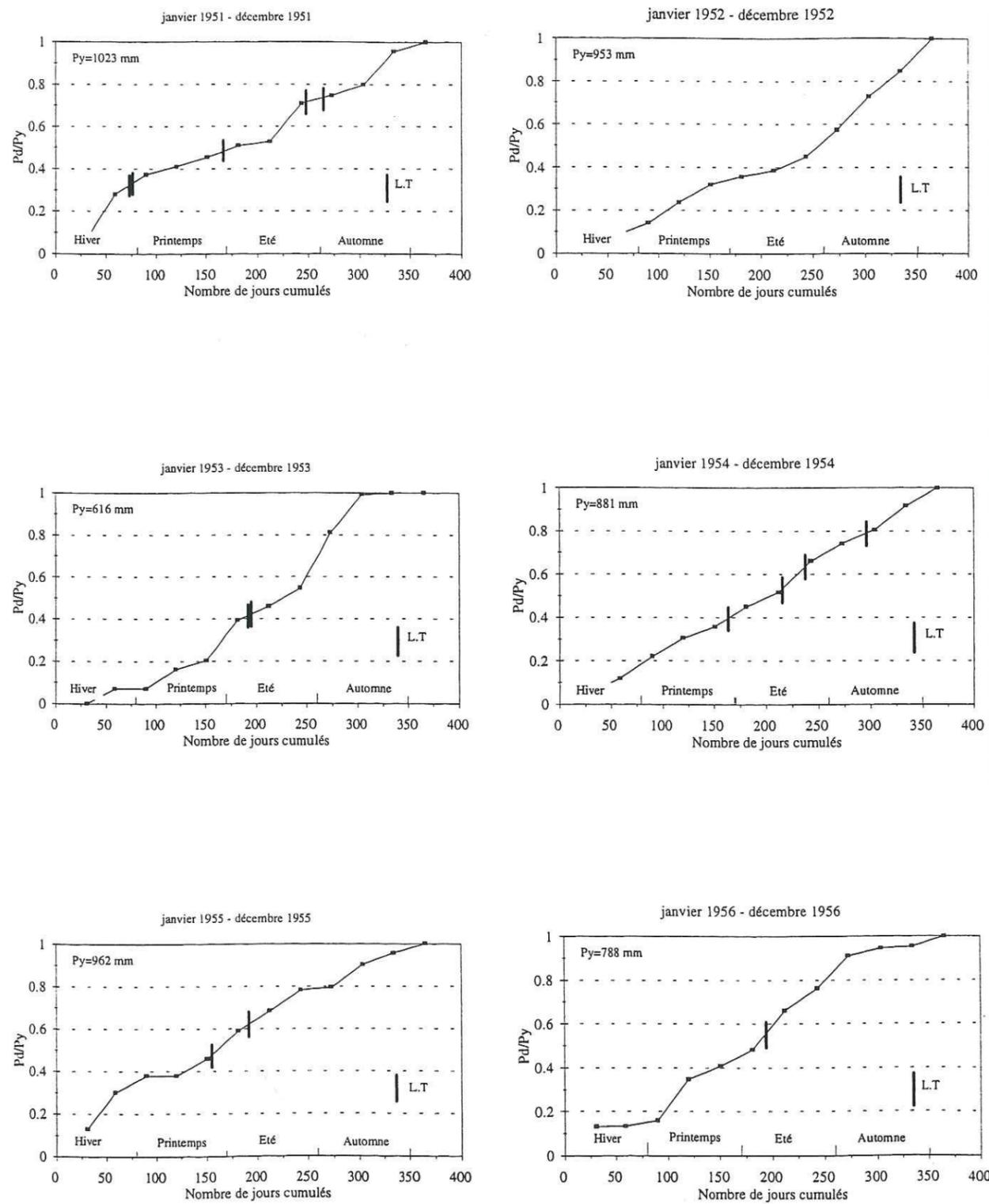


Figure II-1-D-4 : indices de pluie cumulée en relation avec les laves torrentielles
Torrent du Boscodon (Hautes-Alpes)

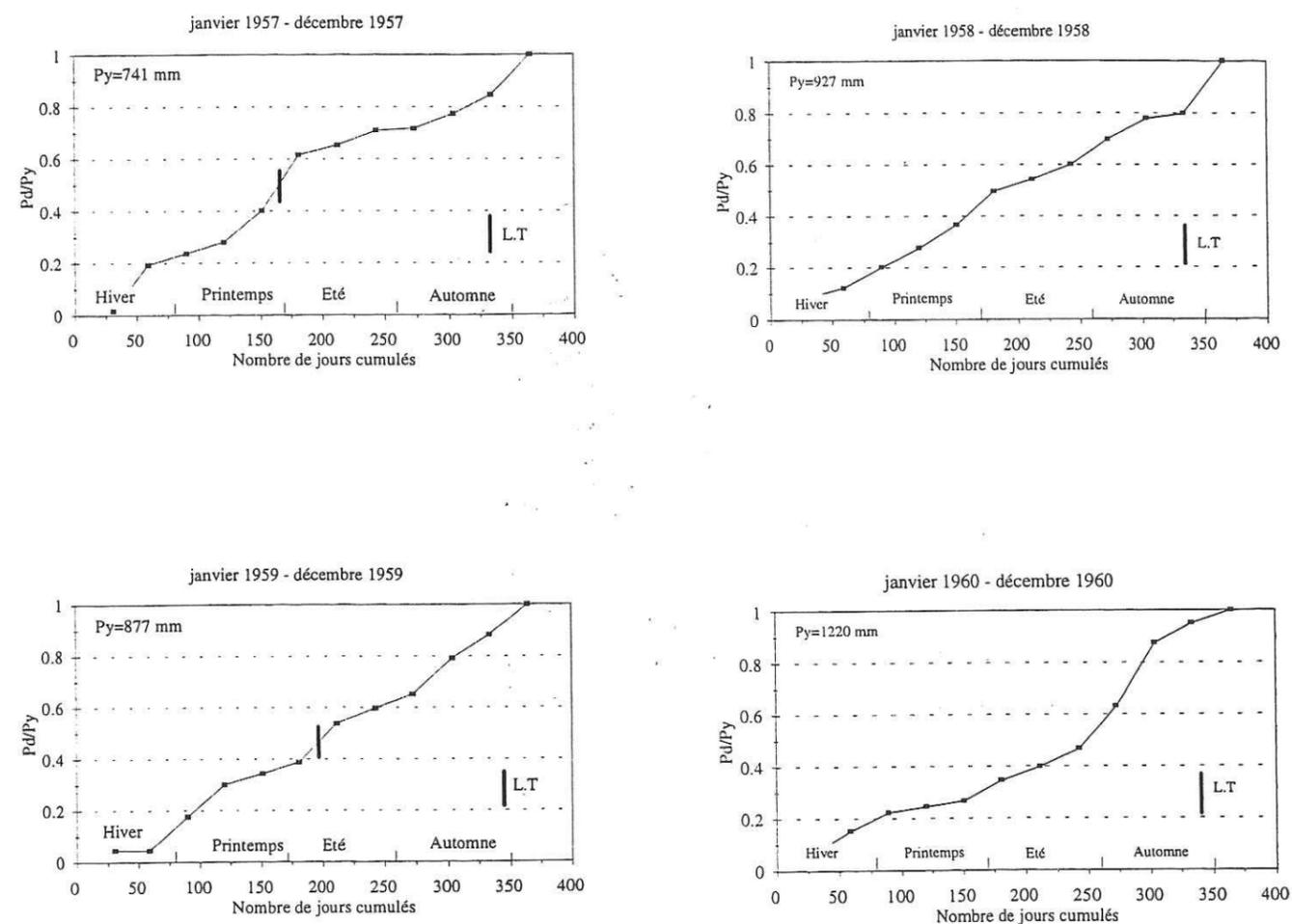


Figure II-1-D-5 : indices de pluie cumulée en relation avec les laves torrentielles
Torrent du Boscodon (Hautes-Alpes)

I- LE BASSIN VERSANT

(Description générale du bassin versant principal, du ou des sous-bassins versants secondaires, visant à faire apparaître les facteurs de prédisposition aux laves torrentielles. Préciser, chaque fois que possible, les hétérogénéités spatiales du bassin versant, et renvoyer à des documents cartographiques si nécessaire.)

I-1) Localisation:

- Nom du bassin versant
- Unités géographiques (communes et départements)
- Coordonnées géographiques: longitude, latitude
- N° de carte topographique
- N° de mission de photographies aériennes ou images satellite

I-2) Climat:

- Type de climat (caractéristiques générales et microclimat identifiables)
- Températures (données par tranches d'altitude si possible):
 - . gradient thermique annuel, saisonnier, diurne
 - . amplitudes thermiques annuelles, saisonnières, diurnes
 - . altitude de l'isotherme zéro selon les saisons
 - . intensité de l'insolation et influence de l'exposition du versant
- Humidités atmosphériques et précipitations (données par tranches d'altitude si possible):
 - . gradient nivo-pluviométrique
 - . amplitudes nivo-pluviométriques annuelles et saisonnières
 - . période de persistance du manteau neigeux
 - . période de persistance du gel
 - . période de sécheresse
 - . intensité et durée des épisodes pluvio-orageux
- Dynamique atmosphérique régionale et locale

I-3) Morphométrie:

- Superficie du bassin versant
- Altitudes extrêmes
- Dénivellation
- Pente globale
- Courbe hypsométrique du bassin versant
- Indice de compacité
- Densité de drainage
- Hiérarchisation du réseau de drainage
- Profil en long du réseau de drainage avec position des ruptures de pentes principales
- Lit du torrent - chenal d'écoulement:
 - . profondeur, largeur
 - . variations des profils en travers
 - . ruptures de pentes longitudinales
- Morphologie des berges (en particulier dissymétrie des dépôts entre rives concaves et convexes)
- Morphologie du cône de déjection

I-4) Géologie, pédologie et géomorphologie:

- Formations du substrat (préciser autant que possible les variations spatiales observées):
 - . Description des différentes unités tectoniques et lithologiques:
 - nature pétrographique
 - épaisseur des formations
 - structure (orientation, pendage)
 - surfaces de discontinuité majeures
 - état d'altération et de fracturation
 - . Propriétés pétrophysiques et géotechniques générales
- Formations superficielles (préciser autant que possible les variations spatiales observées):
 - . Description des différentes unités (altérites, moraines, éboulis, colluvions,...):
 - nature pétrographique
 - épaisseur
 - classe de drainage
 - matériaux originels
 - . Propriétés pétrophysiques et géotechniques générales
- Types de sols et profils pédologiques
- Unités géomorphologiques (en distinguant: bassin de réception, chenal d'écoulement, cône de déjection, pentes latérales, fond de vallée)

I-5) Hydrologie et hydrogéologie:

- Régime des torrents et des cours d'eau du bassin versant
- Surface englacée, écoulements sous-glaciaires
- Type de ruissellement
- Phénomènes de surface (cuirssements, glaçages,...)
- Écoulements hypodermiques et nappes de versant
- Nappes profondes avec source de déversement ou de trop-plein
- Porosités totales et porosités efficaces des aquifères
- Perméabilité et transmissivité des aquifères
- Position et altitude des sources

I-6) Occupation des sols:

- Surfaces englacées (pourcentage du bassin)
- Surfaces rocheuses imperméables
- Surfaces de sols nus ou rocher très fracturé
- Formations végétales par étage de végétation (collinéen, montagnard, subalpin inférieur et moyen, subalpin supérieur, alpin, nival)
- Aménagements (habitats, tourisme, voiries):
 - . Surfaces imperméabilisées
 - . Surfaces drainées ou irriguées
 - . Fossés de drainage ou canaux d'irrigation
 - . Collecteurs d'eau pluviale

I-7) Erodabilité et instabilité des pentes:

- Formes d'érosion active (description détaillée):
 - . Erosion en nappe
 - . Erosion en griffes et rigoles
 - . Erosion en ravins
 - . Erosion en bad-lands
 - . Intensité des phénomènes d'érosion (extension, degré d'ouverture de la couverture végétale)
- Mouvements de versant (description détaillée):
 - . Solifluxion
 - . Reptation
 - . Fauchage
 - . Éboulis de gravité actifs
 - . Chutes de blocs
 - . Coulées boueuses
 - . Glissements
 - . Versant déstabilisé

II- L'ÉVÈNEMENT

(Description détaillée du ou des événements laves torrentielles ayant affecté le bassin versant, visant à mettre en évidence les facteurs déclenchants et aggravants ainsi que les mécanismes d'initiation, d'écoulement et de dépôt et la dynamique du phénomène lave torrentielle)

II-1) Données générales:

- Date
- Durée
- Localisation
- Source de l'information

II-2) Facteurs climatiques:

- Historique climatique des 3 à 6 mois précédant l'événement (préciser notamment les événements exceptionnels recensés)
- Historique pluviométrique précédant l'événement (intensité, durée, pluies cumulées des derniers jours)
- Situation météorologique d'avant l'événement
- Altitude de l'isotherme 0°C au moment de l'événement
- État hydrologique initial des sols du bassin versant:
 - . état de saturation des sols
 - . niveau des aquifères
 - . présence d'un manteau neigeux (préciser s'il est stable, en formation ou en cours de fonte)
 - . état de gel ou de dégel des sols
 - . présence de sources et zones humides
- Temps de réponse entre l'épisode climatique déclenchant et l'événement lave torrentielle

II-3) Initiation de la lave torrentielle:

- Identification des surfaces du bassin versant contributives à l'événement (par érosion ou mouvement de versant)
 - . Morphométrie (altitude, superficie, pente moyenne, orientation)
 - . Formations géologiques:
 - formations superficielles
 - substratum
 - profils pédologiques
 - . Couverture végétale:
 - type de végétation
 - profondeur d'enracinement
 - . Hydrogéologie. Sources et zones humides
- Mécanisme d'initiation:
 - . Ruissellement et érosion généralisée (effet d'impact, vitesse d'écoulement)
 - . Mouvement de versant (description détaillée, classification selon Varnes, première rupture ou réactivation d'un ancien glissement, glissement se transformant en lave torrentielle ou alimentant un écoulement torrentiel, mouvement initié à partir d'une seule ou plusieurs zones sources)
 - . Affouillement et rupture des berges du torrent
 - . Dépavage, mobilisation du lit du torrent et des dépôts en transit, ruptures d'embâcles naturels.
 - . Remontée de la nappe souterraine et déstabilisation des berges et du lit du torrent
 - . Rôles particuliers d'écoulements ou de poches sous-glaciaires ou d'exurgences de réseaux karstiques
- Nature (granulaire ou cohérente) et épaisseur des matériaux entraînés
- Surfaces et volumes mobilisés à la rupture

II-4) Ecoulement et chenalisation:

- Partie du torrent concernée:
 - . Pente moyenne
 - . Altitude
 - . Distance parcourue par la lave torrentielle
- Type de chenal:
 - . Forme globale
 - . Profondeur
 - . Largeur
- Description du phénomène de propagation:
 - . Vitesses estimées
 - . Ecoulements par bouffées (nombre de bouffées, durée)
- Débits estimés:
 - . Débits solides
 - . Débits liquides
- Dépôts latéraux:
 - . Morphologie des bourrelets (symétrie, pente interne, pente externe)
 - . Largeur et hauteur des bourrelets
- Matériaux transportés:
 - . Taille des plus gros blocs
 - . Granularité
 - . Orientation des blocs
 - . Plasticité
 - . Présence d'éléments arrachés aux berges ou au lit (arbres, éléments de clôture, maçonnerie)

- Etat du chenal après passage de la lave torrentielle:
 - . Berges élargies
 - . Surcreusement du fond
 - . Chenal stabilisé avec pavage ou déstabilisé

II-5) Mécanismes d'arrêt et de dépôts:

- Type de cône torrentiel (construit par des écoulements torrentiels chargés ou construit par des laves torrentielles, granularité des dépôts)
- Localisation de la zone de dépôt en amont ou sur le cône de déjection (altitude et pente)
- Morphologie des dépôts (longueur et largeur de la zone de dépôt, angle de dépôts)
- Nature des matériaux déposés:
 - . Taille et répartition des plus gros blocs
 - . Granularité, plasticité
 - . Orientation des blocs
 - . Dépôts lobés
- Epaisseur des dépôts
- Volume et surface des matériaux déposés

II-6) Paramètres pétrophysiques et géotechniques des matériaux en place et transportés:

- . Description générale (préciser les points de prélèvement)
- . Poids spécifique
- . Porosité, porosimétrie, courbe de pF
- . Teneur en eau, degré de saturation
- . Perméabilité
- . Description de la texture (porosité, structure, revêtements argileux)
- . Granularité (courbes, fractiles et indices granulométriques)
- . Forme et état de surface des blocs
- . Limites d'Atterberg
- . Matière organique (teneur et degré d'humification)
- . Nature pétrographique des différentes fractions granulométriques et composition minéralogique de la fraction argileuse
- . Classe géotechnique (U.S.C.S., L.P.C.)
- . Classe de texture (triangle de Jamagne)
- . Cohésion et angle de frottement interne
- . Viscosité

II-7) Analyse qualitative des facteurs déclenchants:

- Saturation progressive des sols (avec augmentation du poids spécifique et/ou augmentation de la pression interstitielle) et mouvements de terrain
- Pluies orageuses violentes avec érosion intense des sols
- Rupture d'une poche sous-glaciaire, d'un embâcle ou d'un barrage naturel
- Défaut d'entretien des réseaux de drainage ou d'ouvrages de correction du torrent
- Incendie de forêt préalable
- Séisme et/ou activité volcanique
- Actions anthropiques
- Rôle du torrent dans l'initiation de l'événement
- Commentaires particuliers sur les facteurs déclenchants ou aggravants

II-8) Dommages créés par l'événement:

- Pertes en vies humaines
- Habitat
- Infrastructures de transport
- Réseaux divers
- Ouvrages de correction du torrent ou de stabilisation des pentes

III- LE RISQUE

(La confrontation des données techniques relatives à l'aléa lave torrentielle avec la vulnérabilité des zones concernées doit permettre de préciser le risque et de définir les moyens de prévention et de réduction des effets)

III-1) Historique des événements antérieurs de même nature:

- Etude bibliographique
- Archives des services techniques

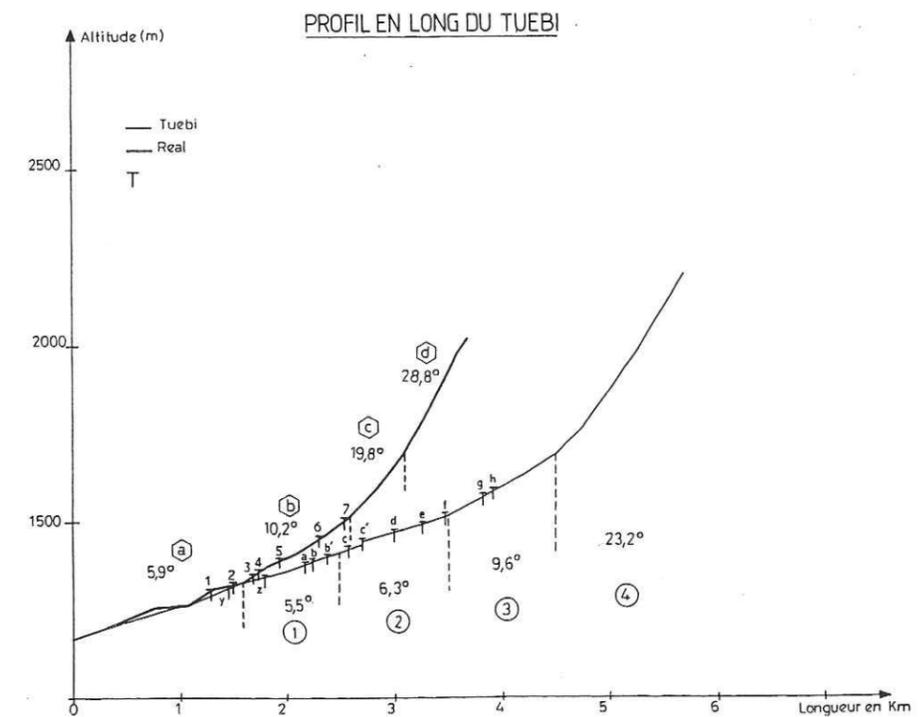
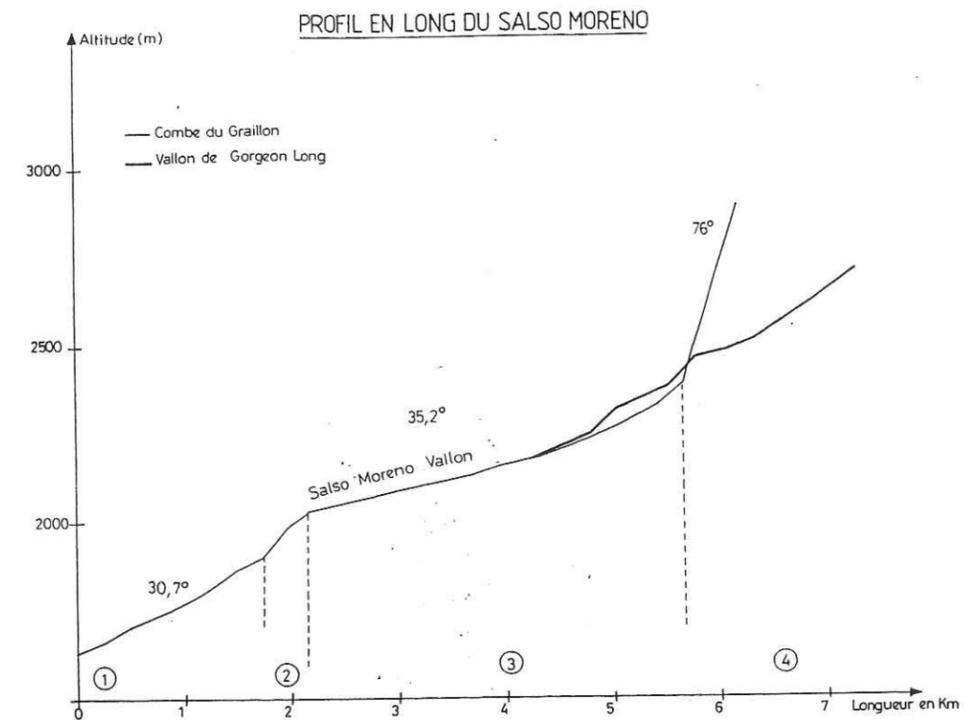
III-2) Vulnérabilité des zones concernées par l'événement:

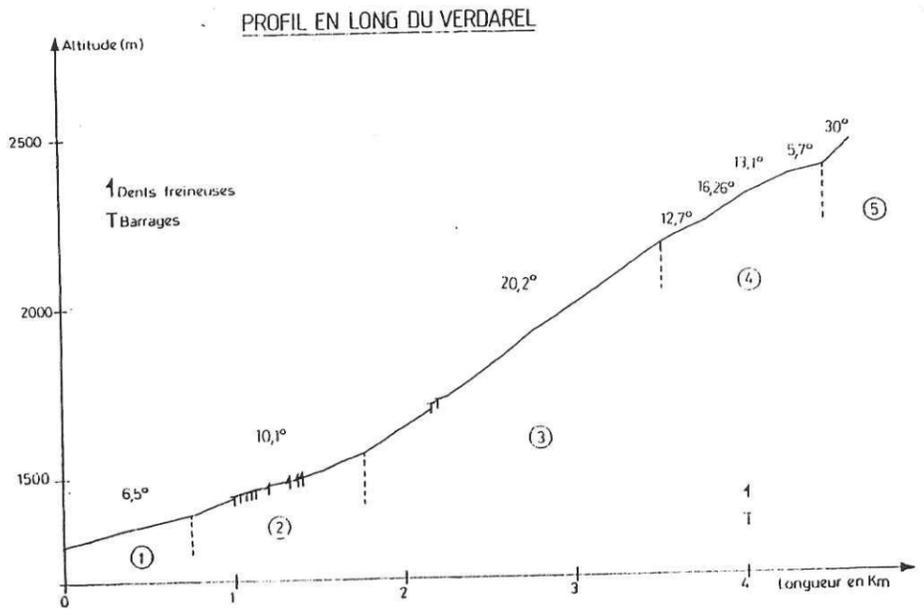
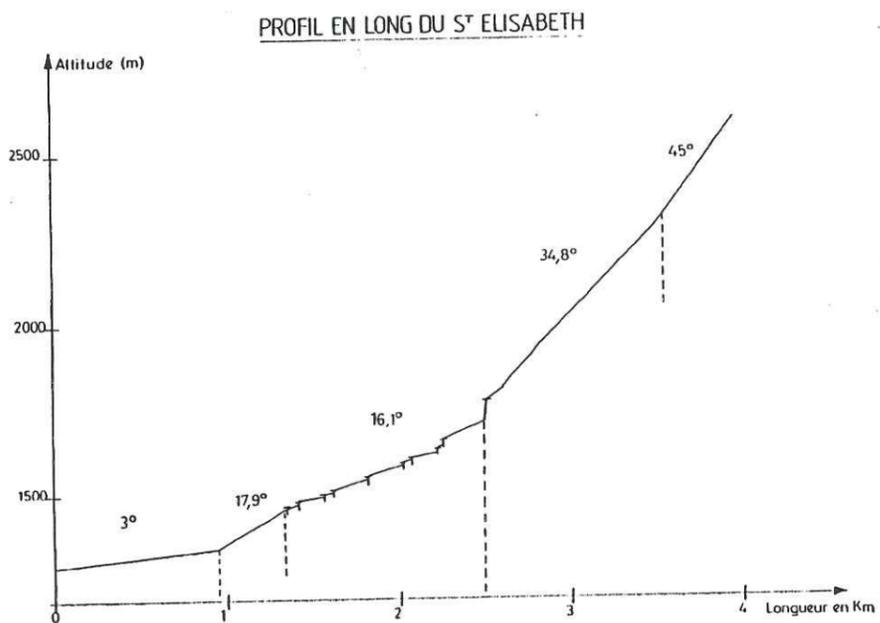
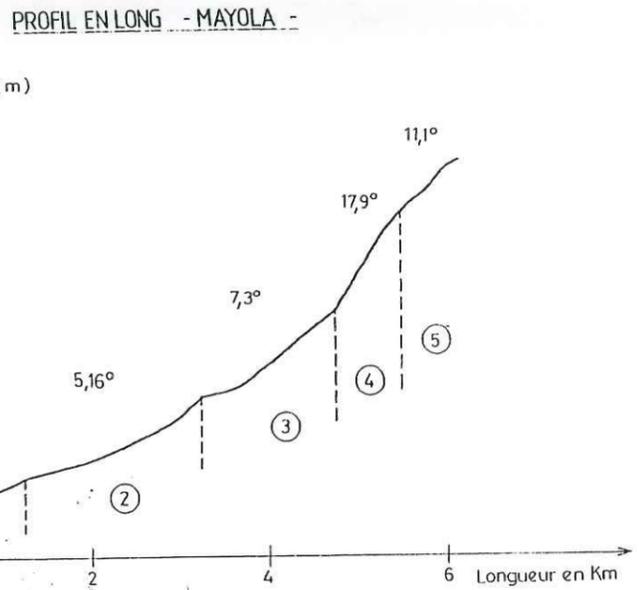
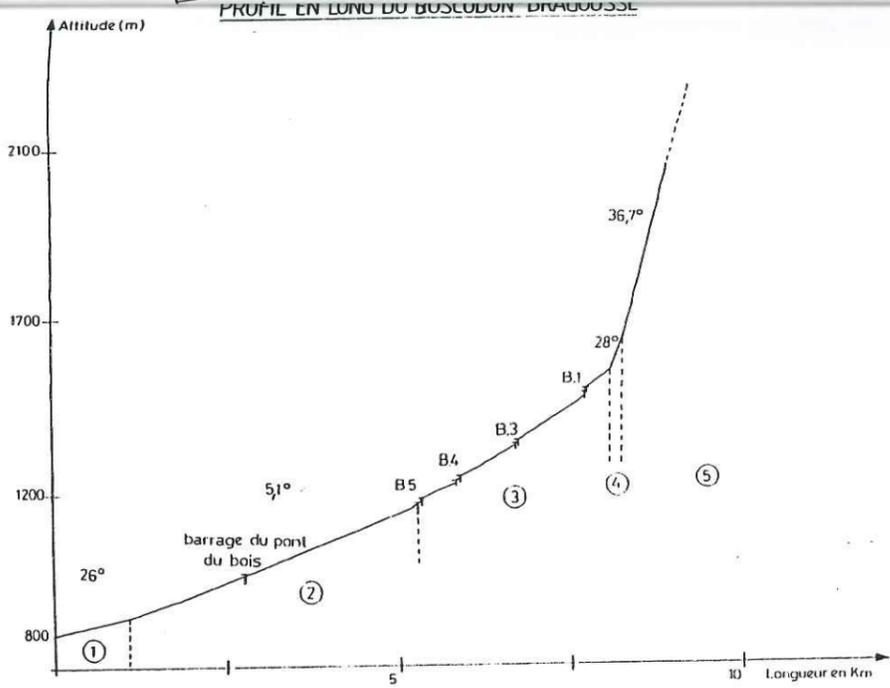
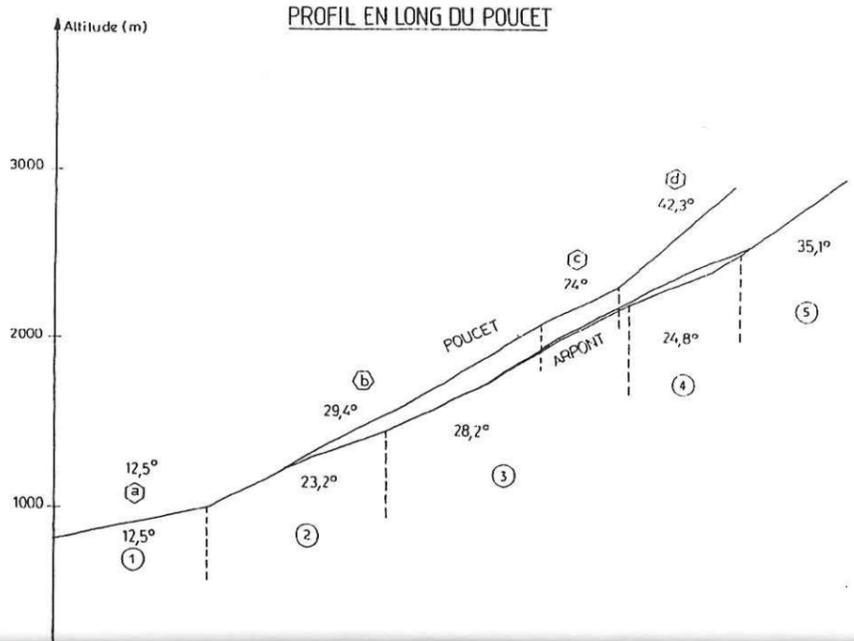
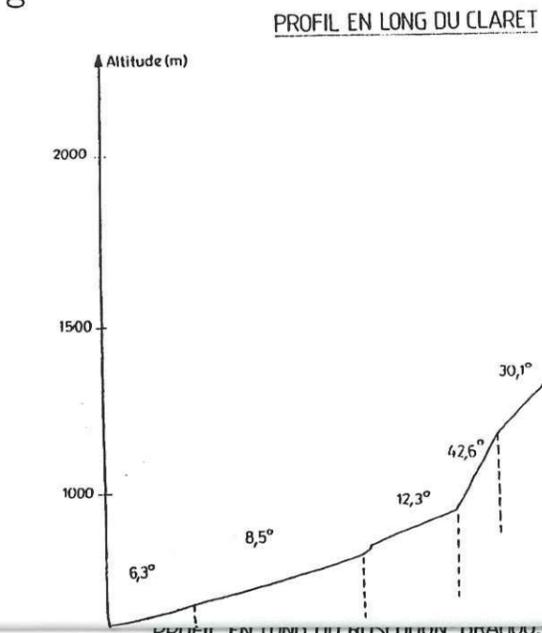
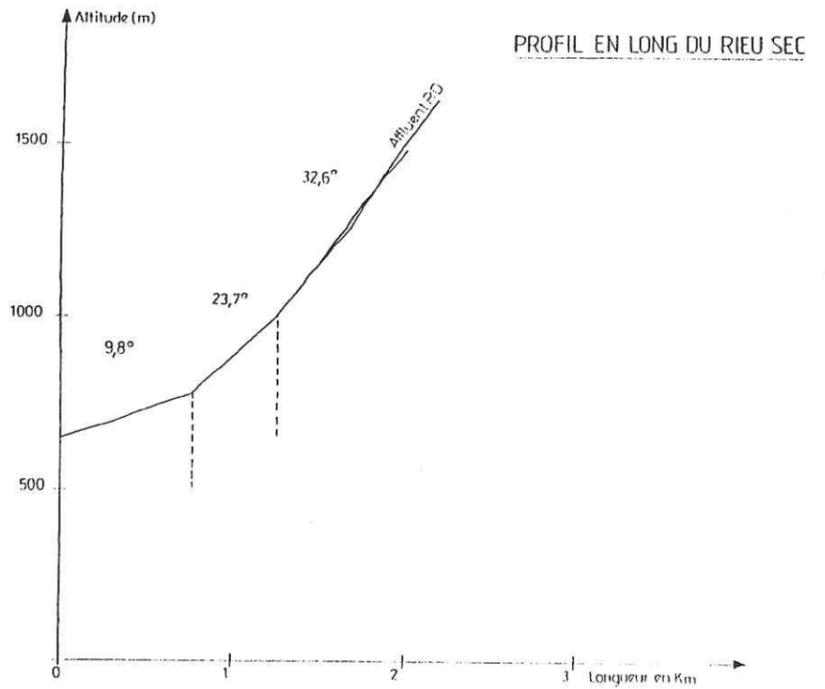
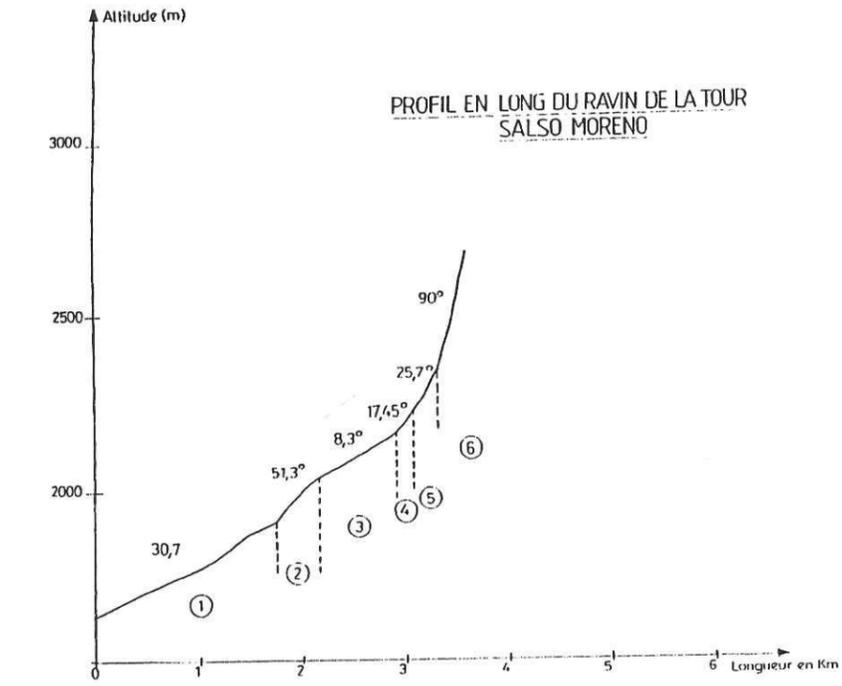
- Délimitation des zones
- Description des aménagements existants
- Description des ouvrages existants destinés à prévenir ou réduire les effets des laves torrentielles

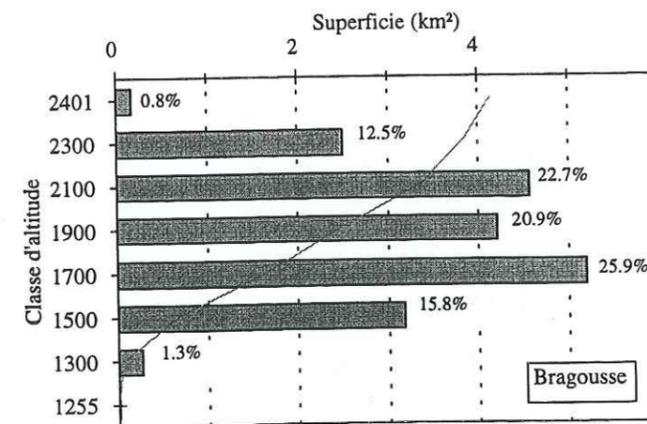
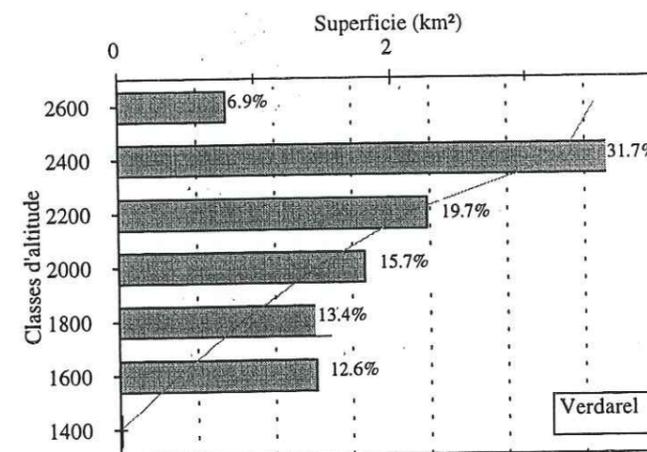
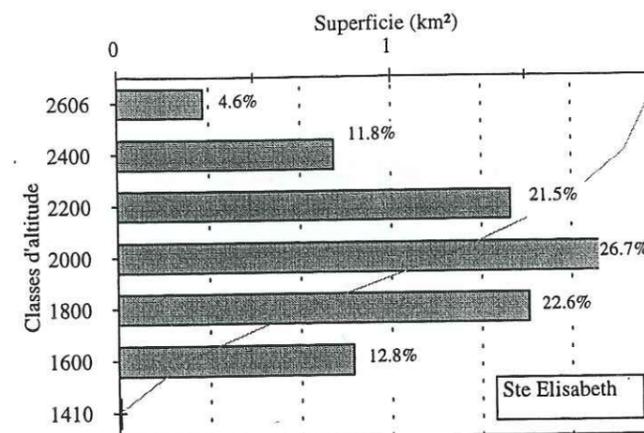
III-3) Moyens de prévention et de réduction des effets de l'aléa lave torrentielle:

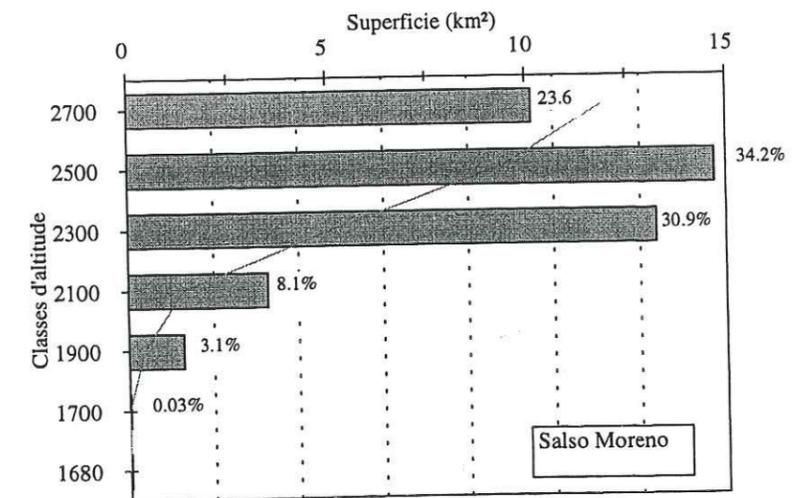
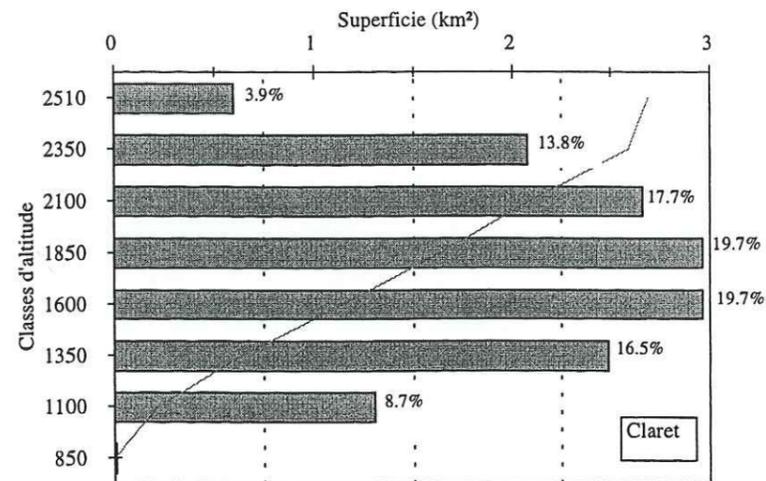
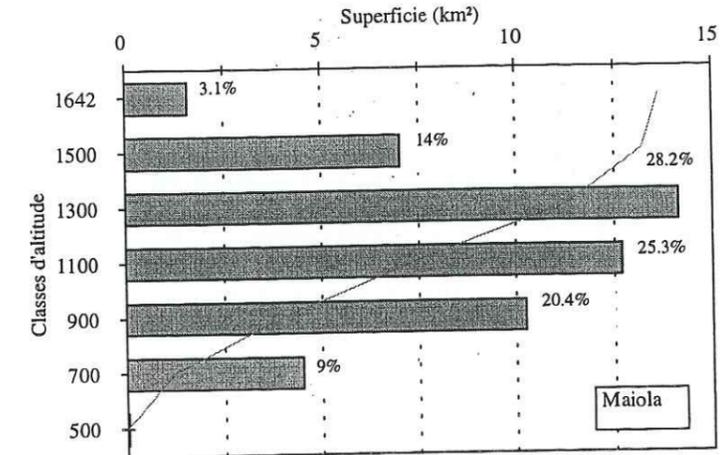
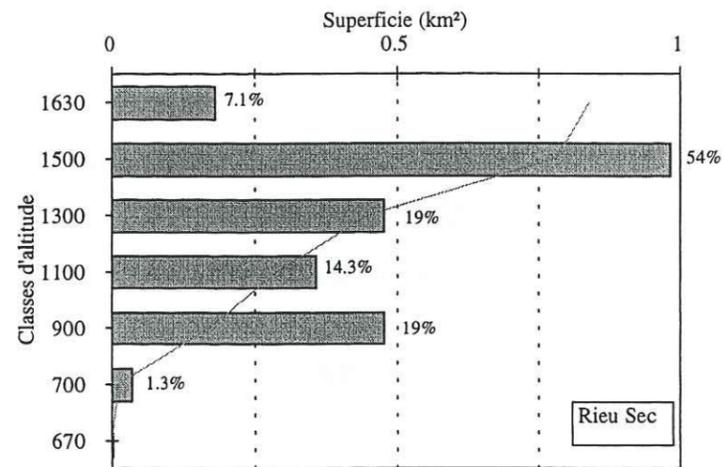
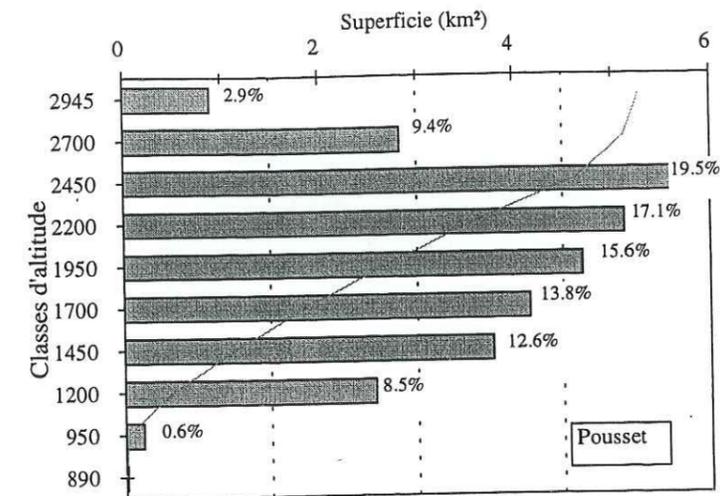
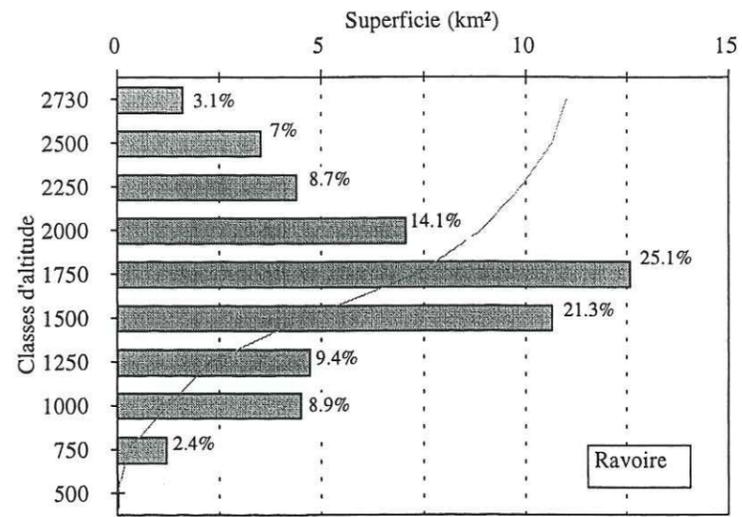
- Mesures et ouvrages correctifs:
 - . Lutte contre l'érosion et les mouvements de versant
 - . Drainage et stabilisation des pentes
 - . Ensemencement et boisement des pentes
 - . Ouvrages relatifs au torrent (seuils, barrages, digues, plages de dépôt, ouvrages spécifiques)
- Réseau d'auscultation - Systèmes d'alarme
- Aménagement de l'espace (bassin versant et zones menacées en aval)

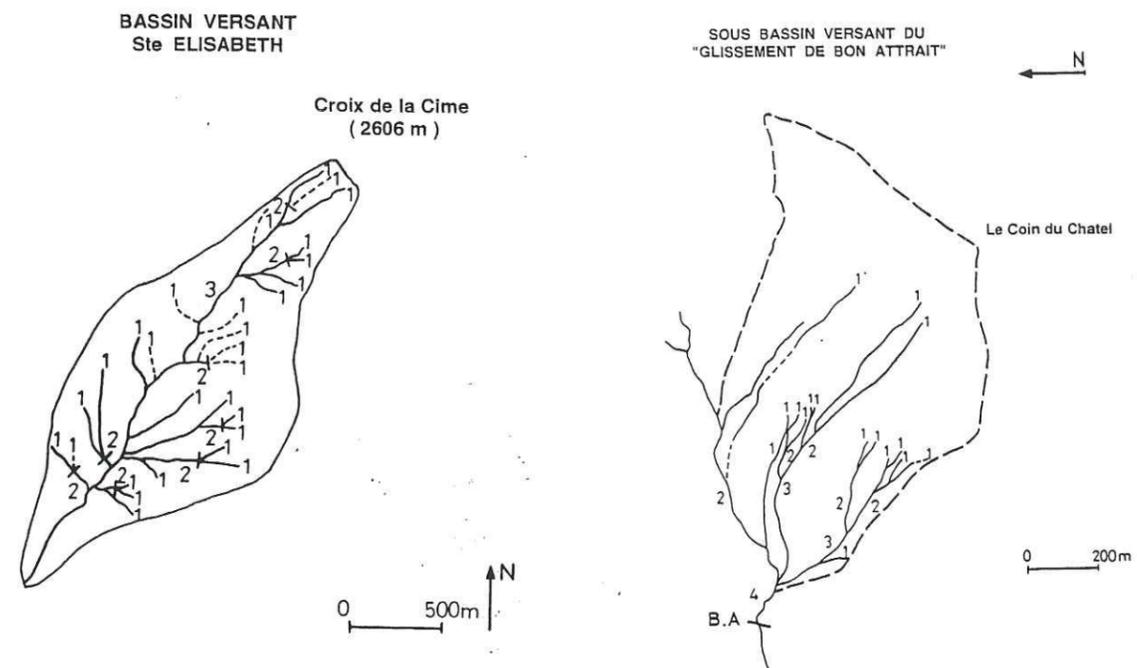
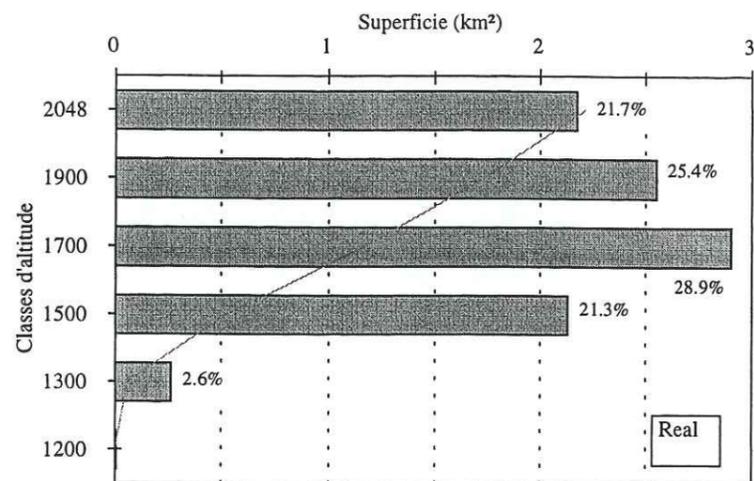
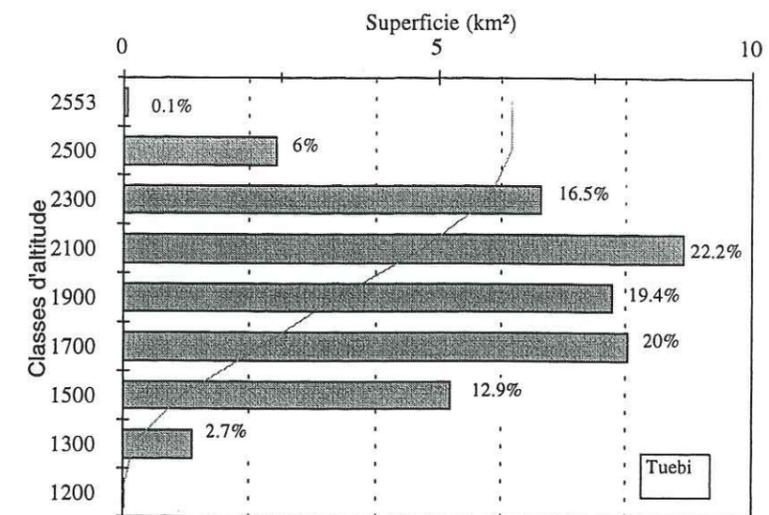
Annexe II-2-B : profil en long des chenaux



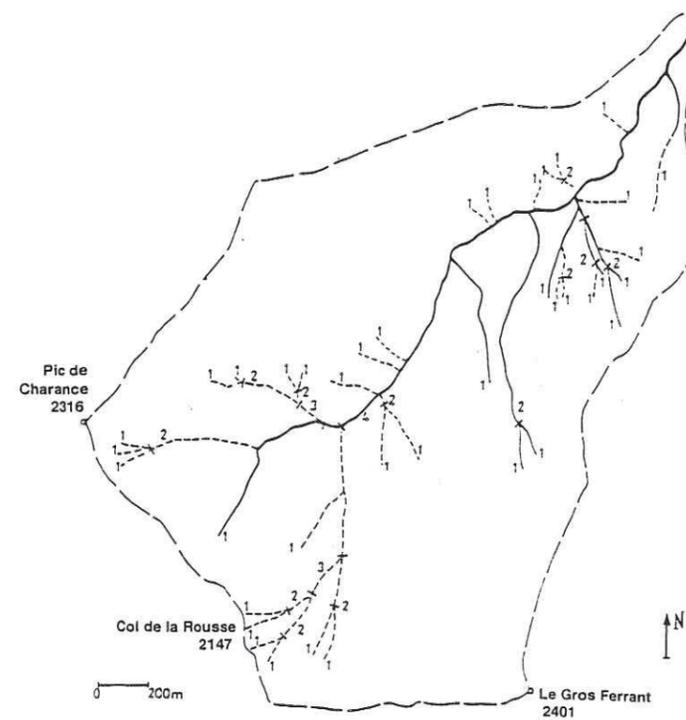






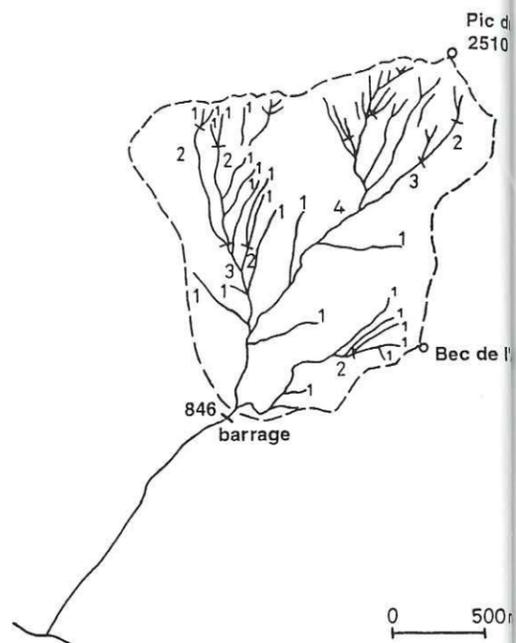


SOUS BASSIN VERSANT DU BRAGOUSSE
LIMITE ET RESEAU DE DRAINAGE

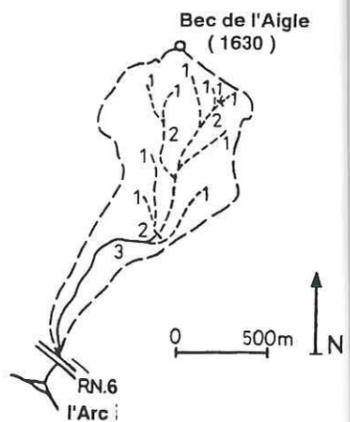




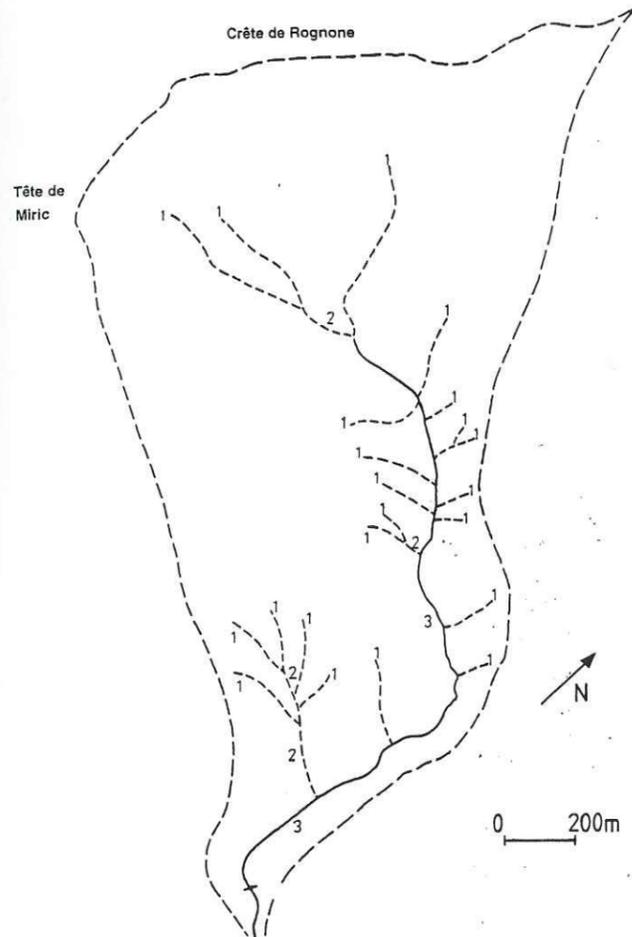
BASSIN VERSANT DU CLARET



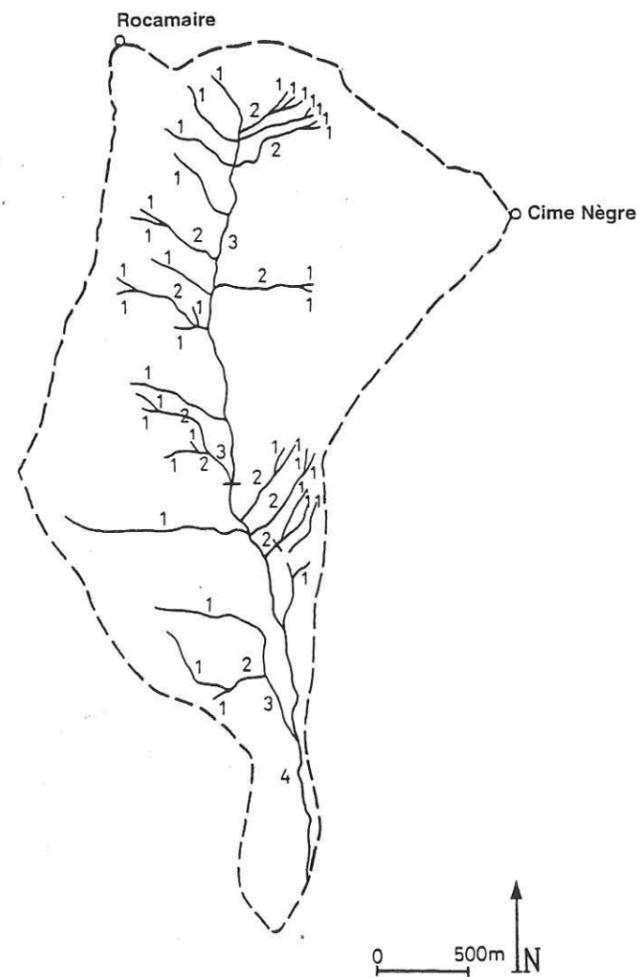
BASSIN VERSANT DU RIEU SEC ET RESEAU DE DRAINAGE



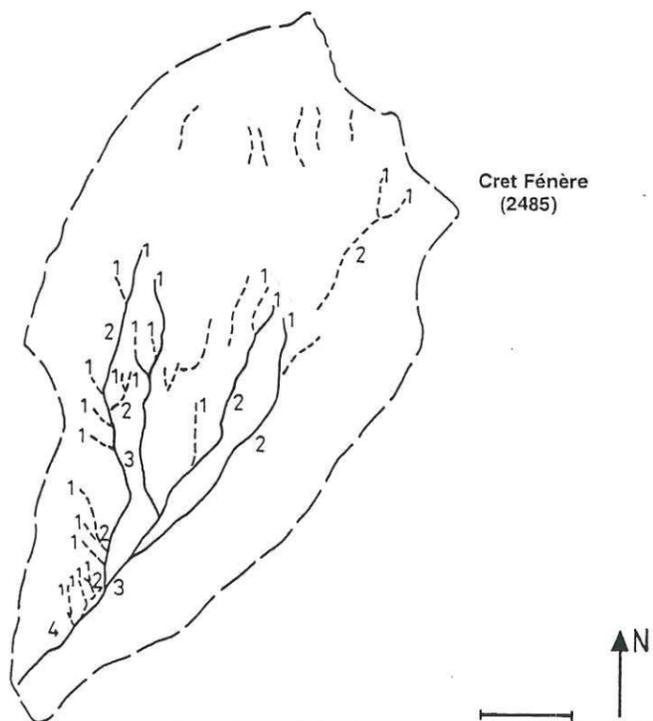
BASSIN VERSANT DU REAL



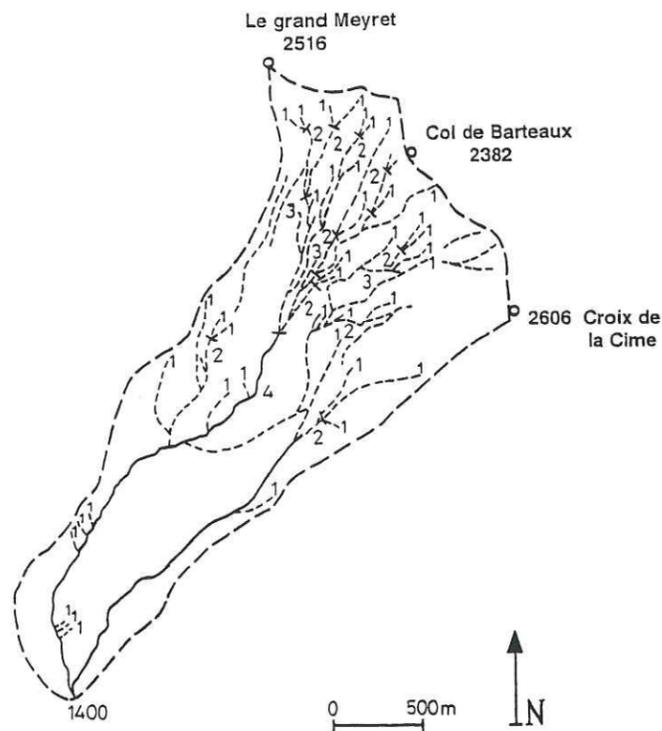
BASSIN VERSANT DU TUEBI



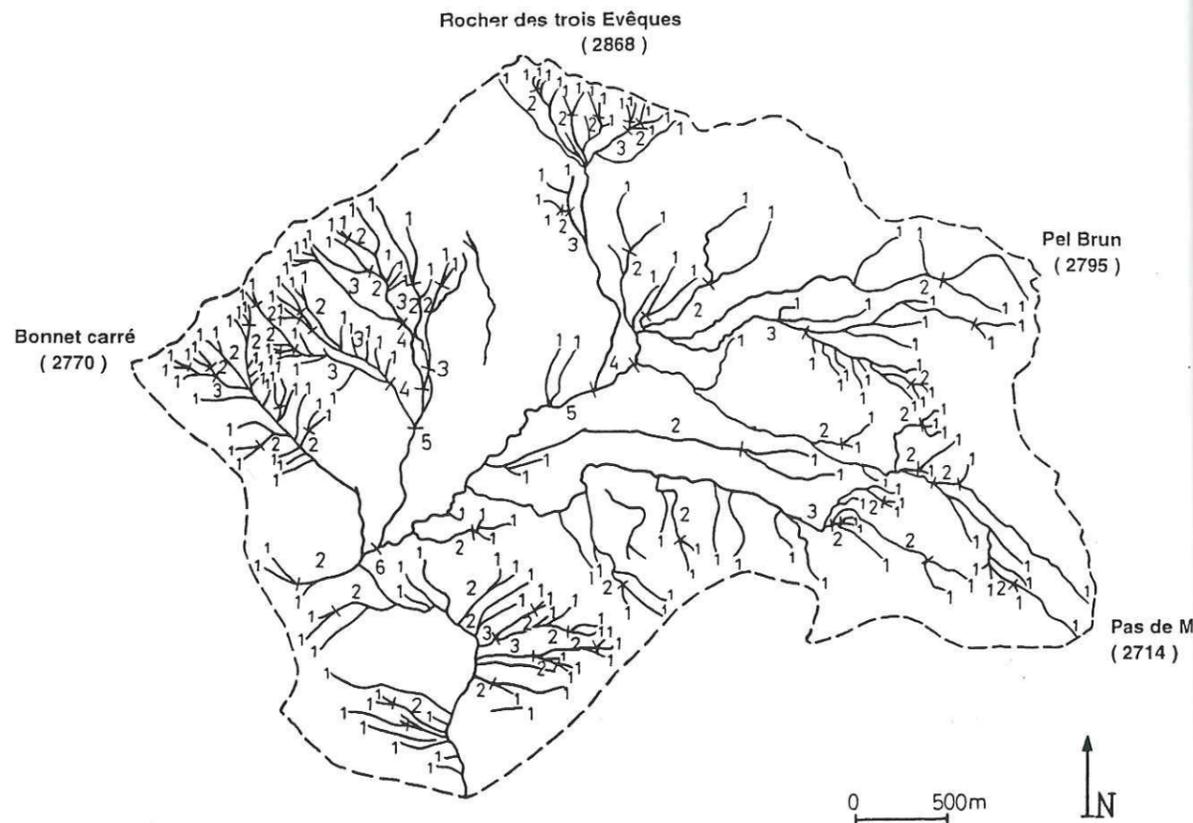
BASSIN VERSANT DU POUSSET



BASSIN VERSANT ET RESEAU DE DRAINAGE
- VERDAREL -



BASSIN VERSANT DU SALSO MORENO



N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
RS 1 à 6	5/07/94	Berge torrentielle RG chenal	921.1-2035.8	680-690	Dépôt hétérométrique présentant une variabilité verticale : base enrichie en cailloux, plus poreuse (éch 1 à 3), partie médiane bien cimentée (béton), matrice grise sablo-argileuse à sablo-limoneuse	Lave torrentielle assez récente
RS 7 à 9	5/07/94	Berge torrentielle RD chenal	921.1-2035.9	690	Dépôt hétérométrique assez bien cimenté, à matrice ocre sablo-limoneuse, présentant une base pauvre en matrice et enrichie en blocs	Lave torrentielle ancienne
RS 10	5/07/94	Chenal, derrière un embâcle	921-2036	720	Dépôt hétérométrique à matrice grise très cohésive, proportion cailloux-matrice d'environ 50%, recouvert d'une carapace superficielle de blocs	Corps de lave torrentielle récente
RS 11	5/07/94	Base de berge torrentielle RG fraîchement incisée par le torrent	921.1-2036.1	725	Dépôt hétérométrique cohérent à matrice ocre sablo-limoneuse, renfermant cailloux et blocs de taille moyenne (< 80 cm)	Base de lave torrentielle ancienne
RS 12	5/07/94	Chenal, derrière un gros embâcle	921.35-2036.2	780	Dépôt hétérométrique formant des agrégats de matrice, dans lesquels sont pris cailloux et graviers	Corps de lave torrentielle récente
RS 13	5/07/94	Escarpement de tête du glissement en berge RG	921.6-2036.3	885	Accumulation de gros blocs en surface, matériau relativement homométrique très riche en matrice grise argileuse très cohérente, renfermant surtout des cailloux	Eboulis et dépôts torrentiels repris en glissement
RS 14	5/07/94	Chenal, derrière un gros embâcle	921.4-2036.2	785	Dépôt relativement homométrique, présentant essentiellement cailloux et graviers, matrice peu abondante sableuse	Alluvions torrentielles récentes
RS 1(95)	10/08/95	Toit de berge RG, bordure de l'ancien cône d'éboulis	921.85-2036.6	1030	Dépôt fixés, sablo-limoneux, très secs et consolidés, relativement peu grossiers	Eboulis
RS 2(95)	10/08/95	Pied du glissement RG	924.45-2036.4	840	Dépôt argileux et cohésif, riche en matrice qui emballe les éléments plus grossiers, déstructuré	Coulée d'éboulis et dépôts torrentiels mêlés
RS 3-4(95)	14/08/95	Chenal	921.1-2035.9	690 - 700	Dépôt d'aspect uniforme non lavé, visqueux, dépourvu de gros blocs, riche en fines (limons)	Lobe de lave torrentielle fraîche (moins de 20 h)
RS 1(96)	1/07/96	Berge torrentielle RG	921-2036	720	Dépôt riche en cailloux et petits blocs (19% d' $d' < 20$ mm), moyennement consolidé, texture fermée à support matriciel poreux, matrice limoneuse	Corps d'ancienne lave torrentielle
RS 2(96)	1/07/96	Berge torrentielle RG	921-2036	720	Dépôt riche en graviers (54% d' $d' < 20$ mm), abondants par rapport à la matrice limono-argilo-sableuse, texture fermée à support matriciel « compact », dépôt bien consolidé	Base de lave torrentielle ancienne
RS 3(96)	3/07/96	Berge d'éboulis RD	921.85-2036.6	1100	Dépôt assez argileux cohérent, comportant 66% d'éléments < 20 mm, recouvert en surface d'une accumulation de plaquettes anguleuses de calcschistes	Colluvions de calcschistes

Rieu Sec

Pousset

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
P 1-2	9/07/94	Berge torrentielle RG, chenal aval du Pousset	928.3-2032.4	915	Dépôt hétérométrique brun comportant des blocs assez grossiers parfois émoussés ; bonne cohérence et matrice à dominante limoneuse	Lave torrentielle ancienne
P 3	9/07/94	Chenal aval du Pousset	928.3-2032.4	915	Dépôt très hétérométrique comprenant matrice et gros blocs présentant une lacune granulométrique dans le fuseau des cailloux et petits blocs	Lave torrentielle assez récente
P 4	9/07/94	Versant instable RD, chenal du Pousset	928.1-2032.4	875	Dépôt hétérométrique à texture fermée à support matriciel, localement enrichi en cailloux et blocs anguleux de schistes, matrice sableuse jaune-orangée à passées grisâtres	Eboulis de houiller légèrement métamorphisé, repris en glissement
P 5	9/07/94	Pentes instables en RG, chenal du Pousset	928.7-2032.9	1130	Dépôt déstructuré, riche en cailloux et graviers, quelques blocs parsemés, cohérence assez bonne	Coulée active dans les éboulis et moraines
P 6	9/07/94	Pentes instables en RG, chenal du Pousset	928.7-2032.9	1155	Dépôt hétérométrique structuré ayant une bonne cohésion, hétérogène avec lentilles de moraines franches argileuses	Eboulis et moraines mêlés, repris en glissement
P 7-8	9/07/94	Berge torrentielle RG, chenal aval du Pousset	928.2-2032.3	880	Dépôt très hétérométrique avec très gros blocs recouverts d'un plaquage de matrice limoneuse, bonne cohérence	Ancienne lave torrentielle
P 9	10/07/94	Talus raviné en rupture de pente du Genevret, bassin de réception	928.8-2034.5	2070	Formation d'altération peu structurée, peu compacte, composée surtout d'éléments de taille inférieure à 50 mm	Schistes carbonneux altérés
P 10 à 12	18/07/94	Partie amont du cône de déjection	928.1-2032.3	865-885	Dépôt hétérométrique mais dépourvu de très gros blocs, matrice abondante très cohérente à dominante limoneuse formant des agrégats	Lave torrentielle assez récente
P 13	18/07/94	Partie aval du cône de déjection	928-2032.3	850	Dépôt homométrique composé de boue argileuse séchée, nombreuses fentes de retrait provoquées par l'essorage du matériau après dépôt	Ecoulement terminal de lave torrentielle
P 14	22/07/94	Front d'arrachement sous le replat à l'Ouest du Grand Plan	929.4-2034.6	2150	Dépôt à matrice grise cohérente, très argileuse, renfermant des cailloux et petits blocs généralement émoussés, quelques gros blocs anguleux en surface	Moraines et éboulis de schistes et grès
P 1-2(95)	14/08/95	Chenal aval du Pousset	928.2-2032.5	900	Dépôt non essoré, dont la structure évolue sous sollicitations dynamiques (compaction par transport), visqueux	Lave torrentielle fraîche (moins de 12 h)
P 1(96)	25/06/95	Chenal aval du Pousset, derrière un embâcle	928.4-2032.7	990	Matériau homométrique (sable fin et moyen) thixotropique	Dépôts torrentiels
P 2(96)	25/06/95	Berge torrentielle RG, chenal aval du Pousset	928.4-2032.7	1000	Dépôt hétérométrique bien consolidé, composé d'une matrice sablo-limoneuse, avec une carapace de blocs propres parfois émoussés en surface	Ancienne lave torrentielle

Annexe III-1 : localisation et identification des échantillons

P 3(96)	26/06/95	Chenal aval du Pousset, en arrière d'un embâcle laissé par la lave	928.2-2032.5	900	Dépôt fin, composé de sable et silts, gorgé d'eau (eau qui est expulsée du dépôt sous sollicitations)	Dépôts torrentiels (charriage)
P 4(96)	26/06/95	Chenal aval du Pousset, en arrière d'un embâcle laissé par la lave	928.2-2032.5	900	Dépôt plus graveleux, sursaturés, matrice sablo-limoneuse peu abondante, sans aucune cohésion	Dépôts torrentiels (charriage)
P 5(96)	30/06/95	Chenal de l'Arpont	928.8-2033	1240	Dépôt hétérométrique, les blocs sont en surface, extraits de la matrice, le dépôt est très riche en cailloux et graviers, présentant une très faible quantité de matrice, sableux à texture semi-ouverte	Ancienne lave torrentielle
P 6(96)	30/06/95	Pentes instables RG aval confluence Arpont-Pousset	928.7-2032.9	1140	Dépôt dépourvu de gros blocs, bien consolidé, matrice grisâtre sablo-limoneuse, cailloux et petits blocs émoussés	Moraine reprise en glissement
P 7(96)	30/06/95	Pentes instables RG aval confluence Arpont-Pousset	928.7-2032.9	1120	Dépôt sablo-limoneux, dépourvu de gros blocs, très cohérent, blocs anguleux à émoussés, texture fermée à support matriciel, matrice localement oxydée	Eboulis remaniant des moraines, repris en glissement
P 8(96)	11/07/96	Pentes instables RD entre le Bois et Pousset	928.6-2032.9	1110	Dépôt très hétérométrique, avec localement lentilles très enrichies en gros blocs, recouvert en surface de blocs anguleux de taille 20-30 cm en moyenne, matrice jaune sableuse peu cohérente	Eboulis remaniant des moraines, produits d'éboulement et de glissement

Annexe III-1 : localisation et identification des échantillons

Claret

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
C 1	11/07/94	Chenal de la Combe Mouillée	920.9-2037.2	870	Dépôt hétérométrique dépourvu de gros blocs, riche en matrice noirâtre limoneuse, bonne cohésion, présentant à la base un niveau granulaire moins compact	Lave torrentielle assez récente
C 2	11/07/94	Cône d'éboulis en pied de berge RD, chenal < Claret	921-2037.5	920	Dépôt aéré, riche en plaquettes de calcschistes, très peu de matrice, pas de cohérence entre les éléments	Altérites de calcschistes (eF)
C 3-4	11/07/94	Berge torrentielle en bordure RD, chenal < Claret	921-2037.5	920-940	Dépôt non structuré, plus riche en blocs en surface, couleur orangée, nombreuses fissures en bord du dépôt, bonne cohésion	Ancienne lave torrentielle
C 5	11/07/94	Versant instable RG, chenal < Claret	921-2037.5	935	Matériau déstructuré, sursaturé et très boueux, matrice grise sablo-limoneuse, quelques petits blocs	Eboulis de gypse et de calcschistes mêlés, évolués en coulée
C 6	12/07/94	Chenal < Claret	920.6-2036.7	735	Dépôt à léger granoclassement, diamètre maximum : cailloux, éléments penchés dans le sens de l'écoulement	Base de lave torrentielle

C 7	12/07/94	Dent freineuse amont de la plage de dépôt	920.3-2036.5	720	Carapace de blocs en surface, qui recouvre un dépôt saturé et sablo-limoneux, cohérent	Corps de lave torrentielle
C 8	12/07/94	Plage de dépôt	920.3-2036.4	710	Matériau fin, saturé, sans cailloux ni graviers	Ecoulement essoré de lave torrentielle
C 9	12/07/94	Plage de dépôt	920.3-2036.5	720	Matrice fine peu abondante entre blocs moyens et cailloux	Front de lave torrentielle
C 10	12/07/94	Plage de dépôt	920.3-2036.4	700	Dépôt sans cohésion, matrice sableuse peu abondante, composé de graviers et sables	Alluvions torrentielles
C 11	19/07/94	Versant RG, chenal < Claret	921-2037.3	880	Dépôt hétérométrique formé de sable gypseux dans lequel se mêlent cailloux et quelques blocs, pas cohérent	Altérites de gypse
C 12	19/07/94	Chenal < Claret	921-2037.3	875	Dépôt très hétérométrique, avec front bien marqué de 2-3 gros blocs, suivi d'une carapace de blocs homométriques (40-50 cm) continue, surmontant un dépôt bien consolidé (béton) à matrice ocre assez abondante	Lave torrentielle récente
C 13	19/07/94	Berge torrentielle RG, chenal < Claret	921-2037.3	885	Dépôt hétérométrique cohérent, partiellement déstructuré, matrice ocre localement grisâtre	Lave torrentielle remaniée par des éboulis
C 1(95)	8/08/95	Berge RD sous les falaises rocheuses, bassin de réception du Claret	920.8-2038.4	1485	Dépôt superficiel composé de petits blocs anguleux, recouvrant un dépôt peu grossier polygénique, à matrice limoneuse peu abondante et peu cohérente	Eboulis de dolomies et calcaires

Ravoire

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
R 1	13/07/94	Zone d'épandage au pied du glissement de Bon Attrait	915.7-2045.3	1610	Matériau hétérométrique, matrice brune sablo-argileuse, nombreux blocs anguleux de conglomérats	Produits du glissement (éboulis)
R 2	13/07/94	Zone d'épandage au pied du glissement de Bon Attrait	915.7-2045.3	1610	Matériau décohesionné, formant une juxtaposition de plaques de boue séchée, grande porosité apparente entre blocs et cailloux, matrice sablo-limoneuse	Produits du glissement repris par une coulée
R 3	13/07/94	Zone d'épandage au pied du glissement de Bon Attrait	915.9-2045.3	1670	Matériau hétérométrique, matrice gris-brun sablo-limoneuse, nombreux blocs anguleux de conglomérats	Produits du glissement (éboulis)
R 4	13/07/94	Zone d'épandage au pied du glissement de Bon Attrait	915.9-2045.4	1690	Matériau quasi-homogène, essentiellement des cailloux, emballés dans une matrice grise sablo-argileuse, assez cohérent	Produits du glissement (éboulis fixés)
R 5	13/07/94	Ravine Sud du glissement de Bon Attrait	915.7-2045.2	1590	Dépôt relativement homométrique formé par des petits cailloux emballés dans une matrice sablo-limoneuse, stoppé à l'arrière d'un embâcle (3-4 gros blocs), pas de structure, bonne cohésion	Lave torrentielle

R 6	13/07/94	Débouché ravine Sud du glissement de Bon Attrait	915.6-2045.2	1560	Matériau hétérométrique, déstructuré, matrice grise sableuse, comportant de gros blocs de conglomérats	Produits du glissement repris par une coulée
R 7	13/07/94	Berge RG en pied du cône d'éboulis fixé du glissement de Bon Attrait	915.8-2045.3	1620	Matériau peu grossier et assez homogène, matrice grise sablo-argileuse, renfermant des plaquettes de schistes versicolores du Permien, des dolomies, schistes et grès, dépôt moyennement cohérent	Eboulis mixtes fixés, produits du glissement
R 8	13/07/94	Versant RD, chenal > Ravoire	915.8-2045.3	1610	Dépôt à matrice fine abondante, de couleur beige, qui renferme des dalles de calcschistes	Colluvions du lias schisteux
R 9	13/07/94	Escarpelement RG de berge de la ravine Sud du glissement de Bon Attrait	915.8-2045.1	1740	Dépôt dépourvu de gros blocs, formation en place d'une matrice limoneuse par altération des éboulis	Colluvions de pente calcaires repris par ravinement
R 10	13/07/94	Escarpelement RG sous le sentier, ravine Sud du glissement de Bon Attrait	915.9-2045	1810	Dépôts dépourvus de gros blocs, matrice argileuse gris-orange, englobant cailloux et graviers	Colluvions de pente enrichis en dolomies
R 11	21/07/94	Ravinement du talus RG en amont de la plage de dépôt, chenal moyen	914.8-2044.5	1260	Dépôt très cohérent renfermant des blocs de taille moyenne émoussés, matrice grise formant des agrégats, sol dur	Moraine
R 12	21/07/94	Chenal moyen, amont de la plage de dépôt	914.8-2044.6	1250	Dépôt formé par un chaos de blocs qui masquent un peu de matrice fine très consolidée	Front de lave torrentielle
R 13	21/07/94	Chenal moyen, amont de la plage de dépôt	914.8-2044.6	1260	Cailloux et blocs de taille moyenne sont imbriqués dans la matrice humide et très consolidée	Corps de lave torrentielle
R 14	21/07/94	Pied de berge torrentielle RD, chenal <	913.3-2042.8	700	Dépôt homométrique comportant cailloux et petits blocs bien roulés, bien consolidé, texture fermée à support matriciel sableux	Ancien dépôt de charriage remaniant des moraines
R 15	23/07/94	Eperon gypseux au pied du glissement de Bon Attrait	915.8-2045.3	1620	Éléments hétérométriques sans gros blocs formant petit cône sous une cavité formée dans le gypse, mêlés dans une matrice sableuse blanchâtre, pas cohérents	Eboulis et altérites du gypse
R 16	23/07/94	Berge torrentielle RD, chenal moyen	915.1-2045.1	1365	Dépôt présentant une augmentation de la proportion de gros blocs de l'aval vers l'amont, entre lesquels on trouve une matrice grise bien consolidée	Lave torrentielle ancienne
R 17	23/07/94	Berge torrentielle RD, chenal moyen	915.1-2045.2	1385	Dépôt hétérométrique dépourvu de gros blocs, cohésion moyenne, alignement de blocs dans le sens de l'écoulement	Produits de charriage concentré
R 18	23/07/94	Berge torrentielle RD, chenal moyen	915.1-2045.1	1370	Dépôt semblable à celui observé en 16, mais localement moins riche en blocs au sein de la masse	Lave torrentielle ancienne
R 19	23/07/94	Chenal moyen	915.1-2045	1340	Dépôt sableux et riche en petits cailloux, sans aucune cohérence, matrice sableuse peu abondante	Alluvions torrentielles
R 4(95)	21/08/95	Ravinement dans l'escarpement de tête du glissement de Bon Attrait	916.2-2045	2065	Dépôt très cohérent, parsemé de rares blocs, matrice assez fine à tendance limoneuse, abondante	Produits d'écroulement du glissement

R 1(96)	12/07/96	Ravinement dans l'escarpement de tête du glissement de Bon Attrait	916.3-2045	2070	Matériau sableux présentant quelques cailloux en surface, texture fermée à support matriciel, recouvrant un dépôt plus grossier, jaunâtre, riche en cailloux et petits blocs, poreux, à texture semi-ouverte	Produits d'éroulement du glissement, lessivés en surface
---------	----------	--------------------------------------------------------------------	------------	------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------

Maiola

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
M 1	26/10/94	Chenal	968.6-1896.1	730	Dépôt hétérométrique présentant un enrichissement en blocs en partie sommitale et frontale, surmontant un corps composé de cailloux et petits blocs emballés dans une matrice brune argileuse, bonne cohérence	Lave torrentielle récente
M 2	26/10/94	Couloir d'éboulis en berge RG	968.7-1896	755	Dépôt hétérométrique à matrice brune, enrichi en cailloux et petits blocs anguleux de marno-calcaires en surface	Coulée de cailloux
M 3	26/10/94	Talus instable RD	970-1897	980	Dépôt saturé, déstructuré, relativement homométrique (argiles aux cailloux)	Altérites de marnes bleues reprises en coulée
M 4	26/10/94	Versant RD	969.9-1896.9	955	Dépôt composé de cailloux et petits blocs de calcaire à silex, repris dans la pente et emballés dans une matrice sablo-silteuse	Colluvions à cailloux de Tithonique
M 5	27/10/94	Versant RG sous le col de la Maiola	970.9-1897.5	1325	Dépôt bien consolidé, composé d'une alternance de niveaux ocre, composés essentiellement de cailloux de taille moyenne 5 cm, partiellement recouverts de matrice ocre sableuse (texture semi-ouverte), et grisâtres moins consolidés	Colluvions à cailloux consolidés de C _{3b-7}
M 6	27/10/94	Toit de talus RG, vallon de l'Auvare (affluent RD)	967.8-1897.7	950	Substratum fracturé, altéré, donnant cailloux et petits blocs emballés dans une matrice de sable fin, texture fermée à support clastique, couleur rouge	Terra rossa de calcaire Tithonique
M 7	28/10/94	Chenal	968.4-1897	710	Dépôt homométrique composé de graviers et petits cailloux, orientés dans le sens de l'écoulement, matrice sablo-argileuse noirâtre peu abondante, dépôt poreux et peu cohérent, granoclassé	Alluvions torrentielles
M 1(95)	31/05/95	Chenal	968.85-1897.2	770	Dépôt hétérométrique formant un bourrelet latéral très riche en blocs de calcaire, corps formé d'une matrice brune argileuse englobant de nombreux cailloux	Lave torrentielle
M 2(95)	31/05/95	Berge torrentielle basse végétalisée	969-1896.4	780	Dépôt hétérométrique coiffé d'une carapace de blocs couverts de lichens rougeâtres, corps du dépôt composé de cailloux emballés dans une matrice évoluée en horizon de sol	Ancienne lave torrentielle

M 3(95)	31/05/95	Talus déstabilisé RD ravine latérale initiatrice	969.6-1896.4	960	Dépôt homométrique en surface, accumulation à texture ouverte de petits blocs anguleux de calcaires, masquant un horizon plus profond à matrice sablo-argileuse très peu abondante, graviers et cailloux	Eboulis grossiers repris en glissement
M 4(95)	31/05/95	Chenal de la ravine latérale initiatrice	969.6-1896.5	920	Dépôt relativement homométrique en surface, comportant essentiellement graviers et petits cailloux, avec un horizon profond plus fin à matrice brune sablo-argileuse	Dépôt de charriage
M 5(95)	4/06/95	Pied de berge RD ravine latérale initiatrice	969.5-1896.6	900	Matériau assez sableux, matrice brunâtre, granulométrie moyenne (cailloux grossiers et petits blocs), quelques gros blocs dispersés dans la masse	Colluvions repris par l'incision du torrent
M 6(95)	4/06/95	Talus berge RD ravine latérale initiatrice	969.4-1896.6	870	Matériau assez grossier, bien consolidé, texture fermée à support matriciel, hétérométrique, cailloux et blocs anguleux, sans orientation	Colluvions anciens
M 7(95)	4/06/95	Chenal	969-1896.4	795	Dépôt hétérométrique, carapace de blocs de taille moyenne 20-30 cm, recouvrant un dépôt caillouteux à texture semi-ouverte, matrice brune argileuse	Lave torrentielle récente
M 1(96)	14/09/96	Chenal	968.7-1897.1	750	Dépôt hétérométrique, carapace de blocs de taille moyenne 20-30 cm, recouvrant un dépôt caillouteux à texture semi-ouverte, matrice brune argileuse	Lave torrentielle
M 2(96)	14/09/96	Talus déstabilisé RD ravine latérale initiatrice	969.6-1896.4	970	Dépôt superficiel à texture ouverte, composé de cailloux et petits blocs anguleux, recouvrant une formation hétérogène passant localement de texture fermée à support matriciel à texture fermée à support clastique	Eboulis des falaises marno-calcaires, localement lentilles d'éboulement en masse, repris en glissement dans les pentes
M 3(96)	14/09/96	Cône déposé sous petit cirque dans chenal d'une ravine latérale RD	969.6-1896.4	940	Eboulis granoclassés grossiers recouvrant un dépôt plus fin, composé de petites plaquettes de marnes emballées dans une matrice grise argileuse peu abondante, peu cohérente	Altérites de marnes développées à partir des falaises marno-calcaires

Tuebi

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
T 10	23/10/94	Chenal du Tuebi	966.2-1914.2	1390	Dépôt granulaire, matrice sombre sableuse, composé essentiellement de petits graviers, texture semi-ouverte, peu cohérent	Alluvions torrentielles

T 11	24/10/94	Chenal du Tuebi	965.8-1915.7	1570	Dépôt hétérométrique trilobé, présentant en surface une accumulation de très gros blocs, corps hétérogène composé d'une matrice sablo-argileuse noire, texture fermée à support matriciel, très cohérent	Lave torrentielle récente
T 12	24/10/94	Chenal du Tuebi	965.7-1915.8	1590	Dépôt homométrique composé d'un dépôt de boue sableuse, dans une vasque formée en avant des gros blocs	Lave torrentielle récente (matériau essoré, résultant d'un écoulement filtré)
T 13	24/10/94	Versant instable RG, Chenal du Tuebi	965.7-1915.9	1620	Dépôt hétérogène, au sein duquel des accumulations de cailloux et blocs recouvrent des lentilles de matériau noirâtre, limono-argileux, très cohérent, renfermant plaquettes et petits blocs de marnes	Eboulis et altérites de marnes mêlés, repris en solifluxion dans la pente, incisés par le torrent
T 14	24/10/94	Plaquage superficiel sur bancs de substratum	965.7-1915.9	1620	Dépôt fin, boueux, formé d'une matrice grise collante (sable fin et argiles), très pauvre en petits cailloux	Projections de lave torrentielle
T 15	24/10/94	Front d'arrachement versant instable RG	965.8-1916	1670	Dépôt sans structure sédimentaire particulière, formé de matrice argileuse emballant cailloux et blocs anguleux, texture fermée à support matriciel	Colluvions de pente, recouvrant altérites de marnes, repris en glissement
T 16	25/10/94	Versant instable RG	966-1916.5	1850	Dépôt déstructuré, parcouru de nombreuses fissures ouvertes transverses, dans un matériau hétérogène, matrice noire argileuse et plaquettes de marnes altérées, avec quelques petits blocs de calcaire	Altérites de marnes et éboulis repris en solifluxion et accélération locale en coulées boueuses
T 17	25/10/94	Chenal inférieur, aval confluence Tuebi-Lavanche	966.3-1913	1270	Dépôt hétérométrique assez grossier, riche en blocs, entre lesquels on observe un remplissage de matrice sablo-silteuse très humide, cohérence moyenne, texture semi-ouverte	Front de lave torrentielle récente
T 18	25/10/94	Chenal inférieur, aval confluence Tuebi-Lavanche	966.3-1913.1	1275	Dépôt homométrique, composé de petits blocs (10-30 cm) accumulés en surface, corps présentant une matrice de sable fin sursaturée et presque liquide, porosité rémanente entre éléments	Charriage
T 19	25/10/94	Chenal inférieur, aval confluence Tuebi-Lavanche	966.3-1913.2	1280	Dépôt stratifié : horizon supérieur composé d'un niveau de graviers et cailloux propres et secs, horizon inférieur présente en plus entre les éléments grossiers un remplissage de matrice sableuse, pas cohérent	Alluvions torrentielles lavés en surface par une crue
T 20	25/10/94	Chenal à la confluence Tuebi-Real	966.1-1912.6	1225	Dépôt hétérogène et hétérométrique dont la matrice à dominance noirâtre argileuse renferme des lentilles de matrice ocre plus sableuse, quelques gros blocs	Lave torrentielle du Tuebi ayant incorporé des dépôts du Real à la confluence
T 1(95)	11/06/95	Front d'arrachement du versant instable RG	965.9-1916.5	1825	Dépôt hétérométrique comportant quelques gros blocs calcaires et des plaquettes mêlés à un dépôt à matrice noirâtre, cohésif	Altérites de marnes et éboulis repris en glissement

T 2(95)	11/06/95	Talus raviné versant instable RG	965.8-1916.6	1775	Dépôt de pente cohérent, présentant en son sein une lentille de matériau structuré	Marnes non remaniées, incorporées dans la masse en glissement
T 3(95)	11/06/95	Ravine versant instable RG	965.8-1916.3	1710	Paquet de marne cohérent, structure encore visible, mais déjà remaniée	Marnes faiblement remaniées
T 4(95)	11/06/95	Ravine versant instable RG	965.7-1916.2	1675	Dépôt déstructuré, présentant une matrice boueuse noirâtre emballant des petites plaquettes de marnes dispersées dans la masse	Marnes altérées et remaniées par des coulées
T 5(95)	11/06/95	Chenal	965.8-1915.8	1580	Dépôt hétérométrique lobé, présentant de très gros blocs en surface, une grande viscosité, corps du dépôt à texture fermée à support matriciel, matrice sablo-argileuse, assez cohérent	Lave torrentielle récente
T 6(95)	15/06/95	Versant RD instable, bassin versant > amont Peira Grossa	965.9-1917.2	2020	Dépôts superficiels développés au contact du substratum marno-calcaire, matrice noire argileuse cohérente emballant des petites plaquettes de marnes	Altérites de marnes noires de l'Albien
T 1(96)	16/09/96	Confluence entre ravine RD et chenal, bassin versant > amont Peira Grossa	965.8-1917.3	2075	Dépôt moyennement grossier, cohérent, possédant une texture fermée à support matriciel, matrice noire sablo-argileuse englobant des plaquettes de marnes	Corps de lave torrentielle
T 2(96)	16/09/96	Confluence entre ravine RD et chenal (dépôt surmontant 1(96))	965.8-1917.3	2075	Dépôt très mal consolidé, peu cohérent, à texture semi-ouverte donnant une certaine porosité au dépôt, peu de matrice (brune sableuse) par rapport aux cailloux dominants	Dépôt de charriage hyperconcentré suivant une lave torrentielle
T 3(96)	16/09/96	Berge RD instable bassin versant > sous ruines du campement militaire	965.8-1916.9	1920	Dépôt très cohérent, formant agrégats (pâte à modeler), texture fermée à support matriciel argileux, quelques cailloux et petits blocs au toit de l'arrachement de berge	Eboulis coulés englobés dans des altérites de marnes
T 4(96)	17/09/96	Berge versant instable RG	965.7-1916	1650	Dépôt très cohérent, déstructuré, dépourvu de cailloux et blocs, petites plaquettes noirâtres englobées dans une matrice sombre argileuse	Altérites de marnes coulées

Real

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
Tr 1	22/10/94	Talus raviné formant succession de rides et crêtes avec cheminées de fée, RG du chenal	965.4-1913.9	1470	Matériau bien consolidé, riche en cailloux émoussés à franchement anguleux, texture fermée à support matriciel, matrice sablo-limoneuse humide, stratification à pendage Sud-Nord, quelques blocs bien disséminés dans le dépôt	Eboulis ordonnés remaniant des moraines alimentés par le versant septentrional du Real

Tr 2	22/10/94	Talus raviné formant succession de rides et crêtes avec cheminées de fée, RG du chenal	965.2-1914.1	1550	Matériau se présentant en lentille intercalée dans le dépôt présenté en 1 : niveau plus fin, matrice sablo-argileuse jaun-orangée localement grise, dépourvu de cailloux et petits blocs	Dépôts fins de type lacustre correspondant au comblement de petites dépressions
Tr 3	22/10/94	Partie aval du glissement en éventail RG	965.1-1914.1	1550	Matériau visqueux sans aucune portance, possédant une grande porosité entre blocs et matrice (texture semi-ouverte), matrice brune sablo-argileuse saturée (infiltrations d'eau dans la masse déstructurée), troncs d'arbres alignés parallèlement à la pente	Eboulis du glissement mobilisés en coulée
Tr 4	22/10/94	Versant instable RD	965.1-1914	1530	Dépôt déstructuré à matrice noire humide argileuse englobant des petites plaquettes de marnes, ayant incorporé quelques cailloux calcaires et quelques branches d'arbres	Altérites de marnes bleues remaniées en coulée de versant
Tr 5	22/10/94	Chenal	965.1-1914	1510	Carapace de blocs homométriques (taille moyenne 30 cm), protégeant un dépôt bien consolidé, riche en cailloux, à matrice brune saturée sablo-argileuse formant des agrégats	Lave torrentielle récente
Tr 6	22/10/94	Chenal	965.1-1914	1505	Dépôt très fin (matrice de sable fin essentiellement), saturée et thixotropique, déposée en avant de la carapce de blocs de 6	Dépôt essoré de lave torrentielle
Tr 7	22/10/94	Talus raviné formant succession de rides et crêtes avec cheminées de fée, RG du chenal	965.3-1914	1510	Niveau fin, argileux, de couleur orangée, prélevé entre deux niveaux plus sableux et riches en cailloux de grès roulés et émoussés	Dépôts glaciaires de versant remaniés dans des éboulis ordonnés
Tr 8	22/10/94	Affleurement dans le versant RG en prolongement des ravinements	965.6-1913.9	1500	Dépôt sans structure sédimentaire, cailloux et petits blocs émoussés à anguleux emballés dans une matrice jaunâtre bien consolidée	Dépôts glaciaires de versant remaniés dans des éboulis
Tr 9	23/10/94	Chenal	965.6-1913.7	1410	Dépôt assez peu visqueux, uniforme : matrice brune sans aucune portance, sableuse, dans laquelle sont englobés des petits blocs de taille uniforme (20-30 cm)	Lave torrentielle fraîche (moins de 12 h)
Tr 1(95)	9/06/95	Ravinement des dépôts aval du glissement en éventail RG	965-1914.1	1540	Matériau assez grossier, riche en cailloux et blocs, englobés dans une matrice fine peu cohérente liquéfiable	Ancienne coulée du glissement
Tr 1-2(96)	17/09/96	Ravinement des dépôts aval du glissement en éventail RG	965-1914.1	1550	Dépôt hétérogène présentant des zones sableuses, peu cohérentes, pauvres en matrice au regard des cailloux (2(96)) et des petites lentilles plus argileuses noirâtres (1(96))	Eboulis déstructurés de grès, localement enrichis en grès à interlits marneux
Tr 3(96)	17/09/96	Petite berge torrentielle dans le chenal	965.8-1913.6	1370	Dépôt superficiel (e=5 cm) composé de graviers et cailloux entre lesquels on trouve une matrice sableuse peu abondante, dépôt peu cohérent, propre	Alluvions torrentielles

Tr 4(96)	17/09/96	Petite berge torrentielle dans le chenal	965.8-1913.6	1370	Dépôt sous-jacent, stratifié : niveau supérieur (e=2-3 cm) composé essentiellement de sable, recouvrant un niveau plus important (e=30 cm) correspondant à un dépôt hétérométrique riche en cailloux grossiers (taille 5-10 cm), à matrice sablo-argileuse humide formant un plaquage sur les éléments grossiers (texture semi-ouverte)	Lave torrentielle recouverte en partie sommitale par un écoulement terminal boueux chargé de fines
----------	----------	------------------------------------------	--------------	------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

Salso Moreno

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
S 1	10/10/94	Talus raviné RG, vallon Salso Moreno	963.1-1936.6	2120	Dépôt hétérométrique à matrice grise sablo-limoneuse sans structure sédimentaire, bonne cohérence, cailloux et petits blocs émoussés	Moraines
S 2	11/10/94	Glissement en versant RD, ravin de la Tour	962-1937.25	2240	Dépôt assez fin (tous éléments de diamètre inférieur à 20 mm), argileux et cohérent, constitué d'un empilement de plaquettes de marnes	Marnes noires altérées, encore structurées
S 3	11/10/94	Glissement en versant RD, ravin de la Tour	962-1937.2	2210	Dépôt assez fin, saturé, déstructuré, formant des petits paquets argileux renfermant des plaquettes de marnes accolés les uns aux autres, cohésion faible	Marnes noires altérées déstructurées remaniées en coulée
S 4	11/10/94	Cône d'éboulis en pied de versant RD, ravin de la Tour	962.1-1937.1	2160	Dépôt homométrique formé de petits blocs anguleux de calcaire, présentant un horizon inférieur à matrice brune sableuse	Colluvions à cailloux et blocs
S 5	11/10/94	Berge RG vallon Gipièrre	962.7-1936.5	2040	Dépôts très consolidés, recimentés après dépôt (cargneulisation), renfermant des galets (dont galets de socle) très bien roulés, orientés selon l'écoulement, matrice orangée sablo-argileuse	Alluvions fluvio-glaciaires partiellement recimentées par eaux chargées en sulfates
S 6	14/10/94	Paroi de substratum en RG, ravin de la Tour	962-1937.25	2200	Plaquage superficiel (e=10 cm) de matériau boueux grisâtre, croûte séchée ayant une assez bonne cohérence, hauteur constante	Trace de boue laissée par le passage d'une lave torrentielle
S 7	14/10/94	Berge torrentielle RG, ravin de la Tour	962.2-1937.1	2150	Dépôt hétérométrique ayant une très bonne cohérence, matrice brune sablo-limoneuse, rares blocs parsemés dans la berge, présentant un horizon plus gravillonnaire et mal consolidé à la base	Ancienne lave torrentielle
S 9	15/10/94	Berge RG vallon Gipièrre	962.65-1936.5	2040	Dépôt moyennement consolidé, matrice sablo-argileuse renfermant des galets et cailloux bien roulés	Alluvions fluvio-glaciaires

S 10	14/10/94	Berge torrentielle basse RD vallon Gipièrre	962.8-1936.75	2070	Dépôt hétérogène avec base granulaire présentant une orientation des cailloux comme sous le fait d'un cisaillement, surmonté du corps de dépôt bien consolidé renfermant imbriqué sans ordre cailloux et blocs de taille moyenne	Lave torrentielle
S 11	15/10/94	Cône de déjection	963.1-1934.9	1670	Dépôt assez fin, présentant un granoclassement normal, matrice sableuse remplissant partiellement les vides des différents horizons	Alluvions torrentielles
S 12	15/10/94	Cône de déjection, berge torrentielle RG	963.2-1934.8	1660	Dépôt dépourvu de gros blocs, texture fermée à support matriciel, matrice sablo-limoneuse riche en mica moyennement cohérente englobant essentiellement des cailloux	Lave torrentielle ancienne
S 1(95)	5/06/95	Sous l'escarpement de tête du glissement en versant RD, ravin de la Tour	961.7-1937.25	2380	Dépôt hétérométrique composé d'un matériau à matrice gris-noir sablo-argileuse, incorporant quelques blocs de calcaire et calcschistes	Altérites de marnes et éboulis remaniés
S 2(95)	5/06/95	Glissement régressif versant RG, ravin de la Tour	962-1937.35	2260	Dépôt assez fin, texture fermée à support matriciel, quelques cailloux de taille inférieure à 10 cm, pas de blocs, matrice brune saturée, collante, facilement liquéfiable	Altérites de marnes évoluées en sol dans la tranche superficielle
S 3(95)	5/06/95	Versant RD, ravin de la Tour	962.3-1936.9	2140	Matériau à matrice jaunâtre sablo-limoneuse, cohérente, formant des agrégats collants, recouvrant un pont de neige	Colluvions de cagneules remaniés en petite coulée
S 4(95)	6/06/95	Chenal ravin de la Tour	962.5-1936.8	2090	Dépôt à matrice sablo-limoneuse peu humide, surmonté d'un chaos de gros blocs hétérométriques	Lave torrentielle
S 5(95)	6/06/95	Versant RD, ravin de la Tour	962.1-1937.1	2150	Dépôt très caillouteux, matrice jaunâtre sableuse peu abondante mais bien répartie parmi les cailloux (texture fermée à support clastique), formant une croûte séchée en surface	Colluvions de cagneules repris en glissement
S 6(95)	7/06/95	Chenal combe Graillon	963.7-1938.5	2330	Dépôt assez grossier (des cailloux aux blocs de taille moyenne), très pauvre en matrice assez sableuse, peu cohérent	Produits de charriage
S 7(95)	7/06/95	Ancien cône de déjection torrentiel de la combe Graillon	963.6-1937.25	2150	Dépôt présentant une carapace de cailloux (5-10 cm), sous laquelle on observe un dépôt à texture fermée à support matriciel, matrice sablo-limoneuse cohérente, englobant graviers et cailloux anguleux	Ancienne lave torrentielle
S 1(96)	18/09/96	Glissement en versant RD, ravin de la Tour	961.9-1937.2	2265	Dépôt enrichi en cailloux et blocs, matrice limoneuse localement enrichie en plaquettes de marnes, couleur grise avec quelques passées rouilles	Eboulis grossiers surchargeant les marnes, repris en glissement
S 2-3(96)	18/09/96	Glissement en versant RD, ravin de la Tour	962-1937.2	2200	Dépôt déstructuré, sursaturé, formant une avancée dans le chenal, plaquettes noires englobées dans une matrice noirâtre limoneuse	Altérites de marnes remaniées en coulée
S		Berge torrentielle basse, ravin			Dépôt en partie sommitale de berge, qui comble les	Produits de charriage

4(96)	18/09/96	de la Tour	962.2-1937.05	2140	irrégularités topographiques des anciens dépôts, matrice sableuse noire peu cohérente, quelques blocs et cailloux	hyperconcentré
S 5(96)	18/09/96	Berge torrentielle basse, ravin de la Tour	962.2-1937.05	2140	Dépôt formant la partie basale de la berge, hétérométrique, texture fermée à support matriciel, matrice sablo-limoneuse noire, cohérence moyenne	Lave torrentielle

Verdarel

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
V 1	7/09/94	Berge RD Malatra	937-2003.9	1855	Dépôt très bien consolidé (quelques petites cheminées de fée), matrice sablo-limoneuse jaune à passées grises, pauvre en éléments de taille 10-20 cm, porosité fine, pas d'orientation, quelques blocs émoussés parsemés dans le dépôt	Moraine reprise en coulée
V 2	7/09/94	Berge RG Gd Verdarel	937.25-2004	1950	Dépôt assez grossier très consolidé (sol dur), matrice jaunâtre sablo-limoneuse, renfermant surtout graviers et cailloux, petite fissuration des berges, pas d'orientation, quelques blocs émoussés	Moraine reprise en coulée et lessivée en surface
V 3	10/09/94	Berge RG Pt Verdarel, pentes sous cheminées de fée	937.1-2003.25	1750	Dépôt hétérométrique riche en cailloux et petits blocs émoussés, matrice brune sablo-limoneuse, bien consolidé	Eboulis alimentés par lessivage de moraine
V 4	10/09/94	Berge RG Pt Verdarel, pentes sous cheminées de fée	937.1-2003.2	1750	Dépôt composé de cailloux et blocs accumulés dans la pente, partiellement emballés dans une matrice brune sablo-limoneuse	Eboulis alimentés par lessivage de moraine
V 5	10/09/94	Versant RG Pt Verdarel	937-2003.2	1750	Dépôt dépourvu de blocs et cailloux en surface, enrichi en fragments de racines, zone humide, texture fermée à support matriciel, matrice brune	Moraine évoluée en sol, reprise par glissement régressif
V 6	11/09/94	Berge RG Gd Verdarel	937-2003.75	1790	Dépôt composé surtout de cailloux (5-10 cm) emballés dans une matrice ocre, localement grise, argileuse, de nature schisteuse ; très cohérent (glaize)	Moraine argileuse reprise en coulée
V 7	11/09/94	Berge RG Gd Verdarel	936.6-2003.7	1750	Dépôt très cohérent, enrichi en matrice par rapport aux cailloux et petits blocs (subarrondis à anguleux)	Moraines et éboulis mêlés repris en coulée
V 8	11/09/94	Berge RG Gd Verdarel	936.65-2003.55	1690	Dépôt moyennement cohérent, matrice ocre sablo-limoneuse assez abondante, blocs subarrondis alignés	Moraine

V 9	11/09/94	Talus raviné RG Gd Verdarel	936.3-2002.7	1455	Dépôt cohérent, texture fermée à support matriciel, matrice grise moyennement abondante par rapport aux graviers, cailloux et quelques petits blocs subarrondis disséminés dans le dépôt	Moraine
V 10	11/09/94	Plage de dépôt	936.2-2002.9	1490	Dépôt hétérométrique riche en petits blocs et cailloux en surface, corps à matrice brune sableuse peu cohérente	Lave torrentielle granulaire
V 11	11/09/94	Plage de dépôt	936.2-2002.9	1490	Dépôt uniforme composé d'une boue sableuse, renfermant de rares cailloux	Écoulement filtré terminal de lave torrentielle
V 12	11/09/94	Plage de dépôt	936.3-2003	1510	Dépôt composé de cailloux également répartis en surface, corps à matrice brune sableuse peu cohérente	Alluvions torrentielles
V 13	12/09/94	Cône d'éboulis RD Gd Verdarel	936.7-2003	1600	Dépôt déstructuré, saturé, matrice noire collante, peu cohérent, quelques cailloux de taille 3-5 cm	Altérites de schistes carbonneux repris par le ravinement
V 14 - 15	12/09/94	Berge RD Gd Verdarel	936.4-2003.1	1555	Dépôt hétérométrique sans orientation, riche en matrice sablo-argileuse, englobant cailloux et petits blocs subanguleux à subarrondis, quelques gros blocs en partie sommitale	Lave torrentielle remaniant de la moraine
V 1(95)	4/09/95	Escarpement de tête, glissement RD lieu-dit Serina	936.6-2002.05	1685	Dépôt sablo-argileux, peu grossier, quelques blocs et cailloux émoussés	Moraine et éboulis
V 2(95)	5/09/95	Chenal	936.25-2002.7	1465	Dépôt stoppé à l'arrière de deux gros blocs en travers du chenal, peu cohérent, matrice ocre sableuse	Lave torrentielle
V 3(95)	8/09/95	Affleurement rocheux, bassin de réception du Pt Verdarel	938.1-2004.2	2160	Dépôt quasi-homométrique, matrice jaunâtre sablo-argileuse, rares cailloux et graviers anguleux	Eboulis du houiller
V 4(95)	11/09/95	Front d'arrachement berge RG Gd Verdarel	936.6-2003.6	1695	Dépôt hétérométrique cohérent, légèrement structuré, pas d'alignement	Moraine reprise en glissement
V 5(95)	11/09/95	Versant RG, chenal >	937.2-2003.8	1875	Dépôt hétérométrique déstructuré, matrice ocre à grise emballant cailloux, graviers et blocs anguleux à émoussés	Moraine et éboulis coulés
V 6(95)	11/09/95	Front d'arrachement berge RG Gd Verdarel	937.35-2004	1990	Dépôt hétérogène, paquets de cailloux et blocs anguleux englobés dans matrice gris-jaune	Moraine et éboulis repris en glissement
V 7(95)	11/09/95	Berge RD Gd Verdarel	937.3-2004	1990	Dépôt très compact (glaize), sol dur, matrice grise argileuse englobant quelques graviers (100% d'éléments inférieurs à 20 mm)	Moraine argileuse coulée
V 8(95)	11/09/95	Berge torrentielle basse Gd Verdarel	937.1-2003.7	1835	Dépôt moyennement cohérent, protégé par une carapace de blocs végétalisés, matrice sableuse, toit du dépôt 19°	Ancienne lave torrentielle
V 9(95)	11/09/95	Berge RG Gd Verdarel	937-2003.7	1795	Dépôt bien consolidé, quelques ravines bien dessinées, blocs alignés emballés dans une matrice sablo-limoneuse	Moraine franche
V 10(95)	11/09/95	Front d'arrachement en berge RG Gd Verdarel	936.8-2003.65	1750	Dépôt déstructuré, dans un horizon très fin (100 % d'éléments inférieurs à 20 mm), argileux à passées rouilles	Lessivage de moraines, repris par une coulée
V 11(95)	12/09/95	Bassin de réception du Pt Verdarel	938-2004.4	2250	Dépôt très sableux, très peu cohérent, renfermant cailloux et blocs émoussés à anguleux	Moraine et éboulis de quartzite mêlés

V 12(95)	12/09/95	Bassin de réception du Gd Verdarel, bordure de petite ravine	937.6-2004.5	2160	Dépôt argileux brunâtre formant des agrégats compacts, mais sans cohésion les uns par rapport aux autres, très peu d'éléments de taille supérieure à 20 mm	Moraine argileuse saturée reprise en coulée et incisée par l'écoulement
V 13(95)	12/09/95	Effondrement de la Côte de la Fleur, bassin de réception du Gd Verdarel	937.9-2004.7	2260	Dépôt très consolidé, renfermant des galets de quartzite et de permien bien roulés	Moraine
V 14(95)	12/09/95	Replat sous la Côte de la Fleur, bassin de réception du Gd Verdarel	938.2-2003.8	2325	Dépôt sablo-limoneux, pénétré par les racines en surface, nombreux petits cailloux alignés, peu cohérent	Dépôts torrentiels remaniant les formations de versant
V 15(95)	12/09/95	Bassin de réception du Malatra (Ouest du Gd Meyret)	937.5-2005.2	2310	Dépôt à texture fermée à support matriciel, matrice argileuse englobant des cailloux de schistes	Colluvions de schistes micacés
V 16(95)	13/09/95	Berge RD Malatra	937.1-2004.1	1955	Dépôt argileux très consolidé, déstructuré, nombreuses fissures isolant des blocs de dépôt	Moraine argileuse reprise en coulée
V 17(95)	13/09/95	Arrachement du Villard, berge RD Malatra	936.6-2004.1	1940	Dépôt consolidé partiellement recouvert de cailloux et petits blocs secs, matrice argilo-limoneuse orangée	Moraine remaniée lessivée en surface
V 18(95)	13/09/95	Talus RD à l'aval de la confluence Malatra-Gd Verdarel	936.8-2003.9	1860	Dépôt assez grossier, enrichi en cailloux et blocs en surface (texture ouverte), formé d'une matrice sablo-argileuse assez cohérente	Moraines et éboulis repris en glissement
V 19(95)	13/09/95	Talus RG Gd Verdarel	937.25-2003.7	1855	Dépôt brun, sableux et caillouteux, déstructuré, parcouru de nombreuses fissures et sources	Moraine coulée, reprise en glissement de berge
V 1(96)	9/09/96	Replat en bordure RD du canal de dérivation	937.4-2003.8	1940	Dépôt fin (99% d'éléments inférieurs à 20 mm, arrondis), déstructuré, matrice argileuse ocre ou gris-rouille, formant des nodules argileux compacts, à côté desquels on observe des zones aérées et peu denses	Moraine évoluée en partie superficielle, le tout repris par une coulée
V 2(96)	9/09/96	Berge RG Gd Verdarel	937.4-2004.1	2020	Plaques de matériau bien cohérent décollées (fissures de retrait), matrice gris-rouille argileuse, cailloux peu abondants arrondis, sans structure	Moraine argileuse remaniée par une coulée
V 3(96)	9/09/96	Replat dans le bassin de réception du Gd Verdarel	937.9-2004.5	2245	Dépôt noirâtre, gorgé d'eau, très riche en matière organique, très fin	Tourbe développée en cuvette marécageuse
V 4(96)	9/09/96	Replat dans le bassin de réception du Gd Verdarel	938.2-2003.8	2320	Dépôt très cohérent, situé sous un dépôt plus sableux (14(95)), composé essentiellement d'éléments de taille inférieure à 10 mm	Dépôts fins de lessivage de moraine sur les versants, remplissage de cuvette

Sainte Elisabeth

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
SE 1	9/09/94	Berge RG, bassin de réception	937.9-2003.2	1800	Dépôt peu cohérent, quasiment monogénique (gypse), matrice brune sableuse, très peu d'éléments supérieurs à 20 mm	Eboulis de gypse, fragmentés par altération
SE 2	9/09/94	Talus RD en glissement, chenal moyen	937.2-2002.2	1450	Dépôt bien consolidé, dans lequel se dessinent de multiples ravines parallèles, quelques cailloux et petits blocs emballés dans une matrice argilo-limoneuse abondante, quelques blocs arrondis alignés	Moraine
SE 3	9/09/94	Chenal moyen	937.4-2002.5	1520	Dépôt homométrique caillouteux en surface, corps du dépôt formé d'une matrice sableuse ocre peu abondante, peu cohérente, porosité rémanente importante entre cailloux, texture fermée à support clastique	Lave torrentielle granulaire
SE 4	9/09/94	Chenal moyen	937.4-2002.	1520	Dépôt dépourvu de cailloux grossiers et blocs, possède une matrice assez abondante au regard des cailloux, poreuse et peu cohérente	Ecoulement terminal essoré de lave torrentielle
SE 5 - 6	10/09/94	Talus RG, chenal moyen	937.6-2002.9	1625	Dépôt dans lequel prédominent cailloux anguleux (5-10 cm) possédant une matrice ocre composée de sable grossier peu développée, monogénique ; plus riche en blocs anguleux de quartzites quand on remonte vers le haut de la ravine (éch 6)	Eboulis de quartzites
SE 7	10/09/94	Talus dans versant RD, chenal moyen	937.35-2002.6	1565	Dépôt très cohérent, matrice brune limoneuse riche en matière organique, très peu de cailloux	Evolution superficielle de moraine
SE 2(95)	7/09/95	Ravine dans les pentes instables RG, bassin de réception	938.1-2003.2	1920	Dépôt peu cohérent, composé par une alternance de niveaux riches en cailloux et graviers sans matrice, à texture semi-ouverte, et de lits gras riches en matrice sableuse englobant graviers et cailloux	Eboulis de quartzites, localement coulés
SE 3(95)	7/09/95	Versant RD, toit du gypse, bassin de réception	938-2003.25	1870	Dépôt meuble, sans cohérence, polygénique, très peu de matrice entre éléments grossiers	Eboulis polygéniques instables
SE 4(95)	7/09/95	Chenal >	938-2003.2	1840	Dépôt assez bien consolidé surmontant des éboulis de gypse et de permien, matrice sableuse peu abondante au regard des cailloux	Lave torrentielle remaniant les éboulis du gypse et de permien
SE 5(95)	8/09/95	Chenal moyen	937.4-2002.45	1510	Dépôt latéral en bordure de berge RD, marqué par un accroissement de la proportion matrice/cailloux et blocs de l'aval vers l'amont	Lave torrentielle du 24/07/95
SE 6(95)	5/09/95	Cône de déjection récent	936.5-2004.45	1310	Dépôt hétérométrique formant un bourrelet au toit d'une berge basse, quelques petits blocs dépassent du corps matriciel sableux du dépôt	Lave torrentielle du 24/07/95 (petite bouffée)

Annexe III-1 : localisation et identification des échantillons

SE 7(95)	5/09/95	Cône de déjection récent	936.55-2001.4	1305	Dépôt uniforme en surface (accumulation de blocs de taille moyenne), sous laquelle on observe un dépôt ressemblant à 6(95)	Lave torrentielle du 24/07/95 (corps)
SE 1(96)	10/09/96	Ravine dans les pentes instables du bassin de réception	938.15-2003.2	1960	Dépôt parallèle à la pente, présentant une alternance irrégulière de lits maigres (cailloux anguleux dépourvus de matrice) et gras (sable et cailloux étroitement mêlés), mauvaise cohérence	Eboulis parfois remaniés par l'écoulement de Verrucano

Boscodon

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
B 1	4/10/94	Chenal Bragousse	927.8-1951	1530	Dépôt lobé formé par un front de petits blocs à texture ouverte, recouvrant un dépôt sablo-argileux sursaturé sans cohérence riche en cailloux	Corps de lave torrentielle
B 2	4/10/94	Chenal Bragousse	927.9-1950.95	1535	Dépôt dépourvu de blocs, carapace de cailloux 5-10 cm, matrice sablo-argileuse sursaturée, texture fermée à support clastique	Lave torrentielle (partie amont)
B 3	4/10/94	Talus RG Bragousse	927.9-1951.1	1525	Dépôt déstructuré, sans cohérence, composé d'éléments de taille inférieure à 20 mm emballés dans une matrice noirâtre argileuse sursaturée	Altérites de marnes reprises en coulée
B 4 - 5	4/10/94	Petite berge torrentielle chenal Bragousse	928-1951.1	1510	Alternance de niveaux gravèleux à matrice sableuse peu abondante (4) avec des niveaux plus hétérogènes (5) à matrice sablo-limoneuse et cailloux grossiers, mauvaise cohérence, matériau poreux	Alluvions torrentielles (4) et produits de charriage (5)
B 6	4/10/94	Berge torrentielle haute chenal Bragousse	927.85-1950.9	1535	Dépôt déstructuré, sans cohésion, qui forme un cône en bordure du chenal, accumulation de graviers, cailloux et sable avec matrice sablo-limoneuse	Produits d'écroulement des dépôts torrentiels
B 7	4/10/94	Berge torrentielle haute chenal Bragousse	927.85-1950.9	1535	Dépôt assez cohérent et consolidé, ravinement individualisé, dépôt à texture fermée à support matriciel, matrice sablo-limoneuse renfermant quelques cailloux et petits blocs	Lave torrentielle
B 8	4/10/94	Chenal Boscodon	926.55-1955.2	975	Dépôt hétérométrique, concentration de blocs de taille moyenne en surface, matrice marron sableuse, assez abondante	Lave torrentielle (corps)
B 9	4/10/94	Chenal Boscodon	926.5-1955.25	970	Dépôt hétérométrique, blocs de taille moyenne clairsemés dans une matrice marron sableuse abondante	Lave torrentielle (front)

Annexe III-1 : localisation et identification des échantillons

B 10	5/10/94	Berge torrentielle basse RG Bragousse	928.5-1951.6	1370	Partie sommitale formée d'une accumulation à texture ouverte de cailloux et petits blocs, corps du dépôt très cohérent, matrice limono-argileuse peu abondante, qui adhère aux cailloux	Lave torrentielle
B 11	5/10/94	Talus RG Bragousse	928.4-1951.8	1360	Dépôt fin (pas de rejet au tamis 20 mm), formé en surface par une accumulation de plaquettes de marnes, évolué en profondeur en matrice limoneuse noire	Eboulis et altérites de marnes
B 12	5/10/94	Berge RD Boscodon	928.6-1952.9	1190	Dépôt très consolidé, riche en gros blocs subarrondis, matrice argileuse très compacte, 95% d'éléments inférieurs à 20 mm, pas de structure	Lave torrentielle remaniant des moraines
B 13	6/10/94	Talus RG Bragousse	928.2-1951.65	1425	Dépôt aéré, sans cohésion, plaquettes de marnes incorporées dans une matrice orange sablo-limoneuse	Altérites de cargneules instables dans la pente
B 14	6/10/94	Toit de talus RG Bragousse	928.5-1951.8	1415	Dépôt hétérogène plus ou moins cohérent, saturé, formant des agglomérats pauvres en cailloux, et lentilles de matériau très riche en cailloux	Colluvions à cailloux
B 15	6/10/94	Cône de déjection d'une ravine RD du Bragousse	928.4-1951.65	1385	Dépôt sursaturé visqueux comportant des cailloux et petits blocs de marnes, matrice à dominante limoneuse formant des agrégats	Lave torrentielle
B 16	6/10/94	Berge RD Boscodon	926.8-1954.4	1040	Dépôt hétérogène, comportant localement des lentilles très riches en gros blocs, interstices entre les blocs comblés par une matrice sableuse emballant de nombreux cailloux, bien consolidé, blocs mis en relief par lessivage superficiel de matrice	Ancienne lave torrentielle
B 17	7/10/94	Berge RD Boscodon	926.7-1954.65	1020	Dépôt assez cohérent, constitué essentiellement de graviers et cailloux (100% d'éléments inférieurs à 20 mm), matrice sableuse assez abondante	Produits de charriage
B 18	7/10/94	Berge RD Boscodon	926.7-1954.65	1020	Dépôt hétérométrique composé de beaucoup de blocs et peu de cailloux grossiers, emballés dans une matrice argileuse	Ancienne lave torrentielle
B 1(95)	14/09/95	Berge torrentielle haute Bragousse	927.9-1951	1530	Dépôt composé en surface de cailloux (5-10 cm), dont la partie inférieure est masquée dans la matrice, inclinés vers l'aval, matrice limono-sablo-argileuse	Produits de charriage
B 2(95)	15/09/95	Flanc Sud du pic de Charance, bassin de réception du Bragousse	927.2-1950.4	2010	Dépôt homométrique sans cohérence, caillouteux, matrice sablo-limoneuse peu abondante, déstabilisé à la moindre sollicitation	Eboulis de calcaire
B 1(96)	13/09/96	Berge torrentielle haute chenal Bragousse	927.85-1950.95	1540	Couverture caillouteuse propre, bonne cohérence, matrice sablo-argileuse peu abondante englobant graviers, cailloux et petits blocs	Lave torrentielle
B 2(96)	13/09/96	Berge torrentielle haute chenal Bragousse	927.85-1950.95	1540	Dépôt lobé, cohérence moyenne, matrice ocre sablo-argileuse humide, fracturation grossière plaquée de matrice	Lave torrentielle

B 3(96)	13/09/96	Berge torrentielle haute chenal Bragousse	927.8-1950.95	1540	Dépôt sans cohérence, fraction grossière propre (pas de lien avec la matrice), matrice sableuse peu abondante	Produits de charriage
---------	----------	-------------------------------------------	---------------	------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

Saint Martin

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
5(96)	2/07/96	Berge torrentielle RG ravin de la Baisse	923.4-2039.5	1820	Dépôt englobant de très gros blocs de cargneules, matrice sablo-limoneuse orangée assez abondante dans le corps du dépôt, mauvaise cohérence	Lave torrentielle
6(96)	13/07/96	Plage de dépôt amont	923-2035.8	910	Dépôt d'une hauteur de 3 m, comportant essentiellement cailloux et petits blocs, enrobés dans une matrice sablo-limoneuse grisâtre, mauvaise cohérence	Lave torrentielle

Saint Antoine

N° éch	Date de prélèvement	Localisation	Coordonnées Lambert (x-y)	Altitude (m)	Description de l'affleurement	Nature de la formation
StA (96)	18/07/96	Chenal	941.5-2032	1170	Dépôt noirâtre à matrice riche en sable fin assez abondante dans le corps du dépôt, mauvaise cohérence, texture fermée à support matriciel, riche en blocs relativement arrondis	Lave torrentielle

Annexe III-2-A : caractérisation des dépôts torrentiels

Tableau III-2-1 : identification granulométrique des dépôts torrentiels

Numéro d'identification	Identification de l'échantillon	Analyse fraction fine		Analyse fraction 2-20 mm			Identification LCPC	Coefficients granulométriques			
		% < 50 µm (absolu)	Identification Jamagne	% graviers grossiers	% graviers petits	% graviers moyens		S0	As	Cc	Cu
R14	Dépôts intermédiaires	13.2	SA	17.3	51.8	30.9	GL	6.4	6.9	0.7	1111.1
R12	Lave torrentielle cohésive (front)	22.7	SL	38.6	32.1	29.3	GL	92.3	5.9	1.2	595.2
R13	Lave torrentielle cohésive (corps)	20.0	SL	42.6	26.0	31.4	GL	85.0	8.5	2.0	1000.0
C1	Lave torrentielle cohésive (Combe Mouillée)	22.0	LMS	28.3	32.5	39.2	GL	123.1	8.0	2.1	1315.8
C7	Lave torrentielle cohésive	22.5	SL	51.4	23.7	25.0	SL-SA	166.7	10.0	0.6	888.9
C10	Alluvions torrentielles	2.2	S	29.8	24.8	45.4	Gb	2.8	10.3	1.5	5.9
RS12	Lave torrentielle cohésive	28.0	SA	40.2	30.8	29.1	SA	285.0	5.6	1.0	750.0
RS3(95)	Lave torrentielle cohésive	32.0	LMS	36.3	38.9	34.9	GA	152.0	2.8	1.4	240.0
RS4(95)	Lave torrentielle cohésive	28.0	SL	13.3	6.4	12.0	GA	180.0	7.1	0.5	733.3
RS1(96)	Dépôt particulier de lave (base)	23.3	LSA	69.9	8.0	22.2	GA	195.3	12.5	3.2	4230.8
RS2(96)	Dépôt particulier de lave (base)	38.0	LAS	51.4	21.0	27.6	GA	1627.5	8.3	0.0	2000.0
RS1	Lave torrentielle cohésive	27.0	SL	39.2	31.1	29.8	GL-GA	167.5	6.6	0.6	656.3
RS2	Lave torrentielle cohésive	24.0	SL	33.1	29.1	37.7	GL	129.6	7.0	0.6	918.9
RS3	Lave torrentielle granulaire	14.0	SL	44.5	23.1	32.4	GL-GA	21.1	11.4	12.7	680.0
RS4	Lave torrentielle cohésive	27.0	SA	31.1	37.6	31.3	GL-GA	90.9	3.8	1.0	552.0
RS5	Lave torrentielle cohésive	29.0	SA	34.2	32.2	33.6	GL	142.4	4.6	0.8	518.5
RS6	Lave torrentielle cohésive	31.0	LMS	35.6	32.8	31.6	GL	480.0	4.8	0.7	700.0
St B5(96)	Lave torrentielle cohésive	22.7	SL	27.7	37.1	35.1	GL	93.1	5.3	8.4	6000.0
St B6(96)	Lave torrentielle granulaire	6.8	SL	27.6	35.5	36.9	GA-Gm	5.3	8.9	8.7	50.0
P10	Lave torrentielle cohésive	24.0	LS	26.7	41.2	32.2	SA	70.7	4.0	2.0	400.0
P2(95)	Lave torrentielle cohésive	23.3	SAL	23.9	42.4	33.7	GA	77.6	4.4	1.3	500.0
P3(96)	Dépôts intermédiaires (plaquage superciel)	30.8	SL	4.9	85.0	10.1	SA	41.7	0.8	2.4	125.0
P4(96)	Dépôts intermédiaires (partie < graveleuse)	12.0	SL	33.6	35.1	31.3	GL	22.2	7.9	5.0	222.2
V10	Lave torrentielle granulaire (corps)	3.4	S	39.5	31.7	28.8	Gm	12.1	8.4	0.9	19.1
V11	Lave torrentielle granulaire (front)	6.9	S	33.5	25.0	41.5	Sm	27.8	6.2	0.5	34.6
V12	Alluvions torrentielles	4.3	S	43.2	25.0	31.8	Gb-GL	6.6	11.4	1.4	26.4
SEa(95)	Lave torrentielle granulaire	4.3	S	48.5	20.8	30.7	GL-Gm	13.8	11.0	1.2	50.0
SE5(95)	Lave torrentielle granulaire	8.2	S	44.6	26.6	28.7	GL-Gm	28.3	8.1	0.8	51.4
B1(96)	Lave torrentielle granulaire	13.2	SA	43.7	22.0	34.3	GL	14.9	9.8	42.3	1250.0
B2(96)	Lave torrentielle granulaire	15.0	SA	38.1	31.7	30.2	GA	26.5	6.9	12.8	816.3
B3(96)	Dépôts intermédiaires	2.6	S	29.9	33.0	37.1	Gb	3.9	9.7	1.4	8.0
B4	Dépôts intermédiaires	6.0	SL	23.3	39.2	37.5	GL-Gb	4.6	7.9	2.2	14.6
B5	Dépôts intermédiaires	6.0	SL	22.1	42.8	35.1	GL-Gm	8.5	11.0	7.4	88.9
B6	Dépôts intermédiaires	8.5	SL	32.7	30.6	36.7	GL-Gm	7.8	8.9	3.7	48.3
B7	Dépôts intermédiaires	7.8	SL	34.8	31.0	34.3	GL-Gm	8.4	8.7	3.6	54.0
B15	Lave torrentielle cohésive	27.9	LMS	50.5	14.1	35.4	SA	237.5	9.5	0.4	1800.0
B1(95)	Lave torrentielle cohésive	20.6	LSA	37.3	22.2	40.6	GA	95.0	9.5	12.8	2166.7
B8	Lave torrentielle granulaire	5.0	S	28.5	39.2	32.3	GL-Gb	9.5	7.5	2.1	20.0
T11	Lave torrentielle cohésive	29.0	SAL	34.4	22.8	42.8	SA	777.8	7.0	1.1	1466.7
T5(95)	Lave torrentielle cohésive	31.8	SAL	34.6	20.6	44.9	GA	1166.7	7.0	0.8	4285.7
T10	Alluvions torrentielles	4.0	S	34.8	23.0	42.2	Gb	4.9	10.2	1.7	11.6
Tr9	Lave torrentielle granulaire	16.0	LS	71.8	24.1	4.2	SL	69.2	8.5	1.8	125.0
Tr3(96)	Dépôts intermédiaires	5.0	S	29.1	38.4	32.6	GL-Gm	13.1	7.9	0.6	14.7
Tr4(96)	Dépôts intermédiaires	9.8	SL	53.1	10.0	37.0	GL-Gm	4.6	13.0	15.1	71.4
Tr5	Lave torrentielle granulaire	18.6	SA	48.6	18.1	33.3	GL	68.8	8.6	2.2	2000.0
Tr6	Dépôt particulier de lave (matrice essorée)	6.8	S	56.5	11.0	32.5	GL	2.3	-9.7	0.9	2.0
S7	Lave torrentielle cohésive	33.8	LMS	29.9	25.9	44.2	SA	887.1	5.4	0.0	475.0
S4(95)	Lave torrentielle cohésive	28.0	LMS	32.2	23.8	44.0	GA	226.7	6.8	0.5	1120.0
S4(96)	Dépôts intermédiaires	8.1	S	30.4	35.3	34.3	GL-Gm	8.2	8.1	0.4	5.6
S5(96)	Dépôts intermédiaires	8.3	SL	33.1	29.2	37.7	GA-Gm	7.1	9.5	5.9	72.2
M4(95)	Dépôts intermédiaires	17.0	A	27.1	32.8	40.1	GA	5.0	9.1	336.3	2233.3
M7(95)	Lave torrentielle cohésive	28.2	LSA	27.4	42.1	30.5	GL	120.0	4.7	1.1	1500.0
St A(96)	Lave torrentielle granulaire	4.0	S	41.2	30.7	28.1	(GL)-Gm	15.6	8.5	0.6	26.7

S : sable
 SL : sable limoneux
 SA : sable argileux
 SAL : sable argilo-limoneux
 Sb : sable propre bien gradué
 Sm : sable propre mal gradué

LSA : limon sablo-argileux
 LAS : limon argilo-sableux
 LMS : limon moyen sableux
 LS : limon sableux
 A : argile

GL : grave limoneuse
 Gb : grave propre bien graduée
 Gm : grave propre mal graduée
 GA : grave argileuse

S0=D75/D25
 Cc=(D30)³/(D60*D10)²
 Cu=D60/D10
 As=(D75-D25)/(D50)²

Tableau III-2-2 : caractéristiques géotechniques des dépôts torrentiels

Numéro d'identification	Identification de l'échantillon	% <2µm (argiles)	Limites d'Atterberg (%)			Activité	VB (g/100g)	% CaCO ₃	% MO
			Wl	Wp	IP				
R14	Dépôts intermédiaires	5.6	27.8	23.4	4.4	0.8	0.49	37.3	1.1
R12	Lave torrentielle cohésive (front)	5.5	24.5	18.8	5.7	1.0	0.34	26.0	0.9
R13	Lave torrentielle cohésive (corps)	5.0	25.8	20.0	5.8	1.2	0.34	26.0	1.2
C1	Lave torrentielle cohésive (Combe Mouillée)	6.3	28.0	21.6	6.5	1.0	0.33	72.0	0.7
C7	Lave torrentielle cohésive	4.8	26.2	19.8	6.4	1.3	0.34	50.0	0.4
C10	Alluvions torrentielles	0.5	22.1	16.9	5.2	10.0	0.47	60.3	0.3
RS12	Lave torrentielle cohésive	6.3	22.1	16.9	5.2	1.2	0.34	58.3	1.0
RS3(95)	Lave torrentielle cohésive	8.8	27.4	20.2	7.2	0.8	0.55	60.8	0.8
RS4(95)	Lave torrentielle cohésive	7.6	26.2	18.8	7.4	1.0	0.54	79.5	0.7
RS1(96)	Dépôt particulier de lave (base)	8.6	30.0	20.6	9.4	1.1	0.6	73.2	0.2
RS2(96)	Dépôt particulier de lave (base)	14.8	31.7	19.0	12.7	0.9	0.63	73.8	0.6
RS1	Lave torrentielle cohésive	6.8	24.9	18.2	6.7	1.0	0.4	69.7	0.8
RS2	Lave torrentielle cohésive	6.6	25.2	19.3	5.9	0.9	0.4	69.5	1.4
RS3	Lave torrentielle granulaire	3.9	25.0	18.0	7.0	1.8	0.46	70.5	1.1
RS4	Lave torrentielle cohésive	10.2	25.0	18.6	6.4	0.6	0.49	60.1	0.8
RS5	Lave torrentielle cohésive	8.8	25.8	19.6	6.2	0.7	0.49	64.8	0.5
RS6	Lave torrentielle cohésive	8.8	25.5	19.9	5.6	0.6	0.49	60.0	0.3
St B5(96)	Lave torrentielle cohésive	7.1	23.2	19.1	4.1	0.6	0.54	56.7	0.4
St B6(96)	Lave torrentielle granulaire	2.3	25.2	18.3	6.9	3.0	0.74	22.2	0.9
P10	Lave torrentielle cohésive	10.3	27.3	19.5	7.8	0.8	0.4	1.3	1.7
P2(95)	Lave torrentielle cohésive	5.5	27.8	19.1	8.7	1.6	0.34	0.7	
P3(96)	Dépôts intermédiaires (plaquage superciciel)	7.1	25.8	18.5	7.3	1.0	0.57		
P4(96)	Dépôts intermédiaires (partie < graveleuse)	3.1	24.8	18.3	6.5	2.1	0.6	1.2	1.5
V10	Lave torrentielle granulaire (corps)	0.6	-	-	-	-	0.47	1.7	0.3
V11	Lave torrentielle granulaire (front)	0.9	-	-	-	-	0.26	1.2	0.3
V12	Alluvions torrentielles	0.7	22.9	17.9	5.0	7.5	0.54	1.5	0.3
SEa(95)	Lave torrentielle granulaire	1.0	18.0	14.0	4.0	4.2	0.75	0.3	0.1
SE5(95)	Lave torrentielle granulaire	1.9	20.3	16.4	3.9	2.1	0.6	1.7	0.3
B1(96)	Lave torrentielle granulaire	6.9	21.7	16.5	5.2	0.8	0.8	69.9	0.1
B2(96)	Lave torrentielle granulaire	7.2	31.7	21.9	9.8	1.3	0.8	56.0	0.6
B3(96)	Dépôts intermédiaires	1.5	17.2	12.4	4.8	3.2	0.5	81.7	0.4
B4	Dépôts intermédiaires	2.9	26.5	20.5	6.0	2.1	0.9	73.0	0.4
B5	Dépôts intermédiaires	2.8	20.5	15.9	4.6	1.7	0.7	75.5	0.4
B6	Dépôts intermédiaires	4.2	22.0	15.8	6.2	1.5	0.8	76.7	0.1
B7	Dépôts intermédiaires	3.0	19.1	14.6	4.5	1.5	0.7	81.3	0.4
B15	Lave torrentielle cohésive	6.1	28.9	21.4	7.5	1.2	0.66	39.7	1.5
B1(95)	Lave torrentielle cohésive	8.4	25.6	16.7	8.9	1.1	0.63	69.3	0.1
B8	Lave torrentielle granulaire	1.9	16.5	13.2	3.3	1.7	0.77	70.0	0.2
T11	Lave torrentielle cohésive	3.8	27.0	20.0	7.0	1.9	1.2	67.3	1.4
T5(95)	Lave torrentielle cohésive	15.4	27.7	19.9	7.8	0.5	1.05	58.0	1.6
T10	Alluvions torrentielles	1.3	20.4	15.3	5.1	3.8	1	71.5	0.6
Tr9	Lave torrentielle granulaire	5.6	20.7	17.5	3.2	0.6	2.07	2.7	0.3
Tr3(96)	Dépôts intermédiaires	1.2	-	-	-	-	1.32	49.4	0.2
Tr4(96)	Dépôts intermédiaires	2.1	22.0	18.6	3.4	1.6	1.93		
Tr5	Lave torrentielle granulaire	6.5	22.9	19.5	3.4	0.5	2.7	2.8	0.5
Tr6	Dépôt particulier de lave (matrice essorée)	1.1	-	-	-	-	0.8	2.8	0.5
S7	Lave torrentielle cohésive	8.7	31.1	21.3	10.2	1.2	0.54	45.7	1.0
S4(95)	Lave torrentielle cohésive	8.9	32.0	23.8	8.2	0.9	0.51	58.0	0.6
S4(96)	Dépôts intermédiaires	3.6	25.7	19.5	6.2	1.7	0.54	58.7	1.2
S5(96)	Dépôts intermédiaires	3.1	28.2	21.3	6.9	2.2	0.6	59.8	1.0
M4(95)	Dépôts intermédiaires	13.4	32.8	21.8	11.0	0.8	1.84	67.8	0.5
M7(95)	Lave torrentielle cohésive	12.3	27.0	21.4	5.6	0.5	1.97	76.5	0.4
St A(96)	Lave torrentielle granulaire	0.9	-	-	-	-	0.29	34.2	0.4

Activité=IP/% < 2µm

MO : matière organique

Tableau III-2-3 : identification minéralogique des argiles et des poudres

Numéro d'identification	Identification de l'échantillon	Minéralogie des poudres							Nature des argiles			
		% Quartz	% Calc	% Felds	% Gypse	% Dol	% Argiles	% autres	Illite	Kaolinite	Chlorite	Gonflantes
R14	Dépôts intermédiaires	59.7	15.6	7.5	0	1.8	15.4	0	+++	0	++	0
R12	Lave torrentielle cohésive (front)	41.1	31.5	7.9	0	5.2	14.3	0	++	+	+	0
R13	Lave torrentielle cohésive (corps)	51.5	28.1	6	0	2.5	11.9	0	++	Traces	+	0
C1	Lave torrentielle cohésive (Combe Mouillée)	18.4	73	1.6	0	5.2	1.8	0	++	+	+	0
C7	Lave torrentielle cohésive	22.7	49.6	4.9	0	12.7	10	0	++	+	+	0
C10	Alluvions torrentielles	16	60	3	0	16.5	4.5	0	++++	+	+	0
RS12	Lave torrentielle cohésive	27.4	64	1.2	0	0	7.6	0	++	Traces	+	0
RS3(95)	Lave torrentielle cohésive	23.5	65	1	0	5.5	5	0	++	+	+	0
RS4(95)	Lave torrentielle cohésive	22	63	1	0	5	9	0	++++	+	+	0
RS1(96)	Dépôt particulier de lave (base)	19	77	1	0	1.5	1.5	0	+++	0	++	0
RS2(96)	Dépôt particulier de lave (base)	14	80	1	0	2	3	0	++++	0	+	0
RS1	Lave torrentielle cohésive	17.5	70	1	0.5	4	7	0	++++	+	+	0
RS2	Lave torrentielle cohésive	19.5	69	2	0.5	2	4	0	++++	+	+	0
RS3	Lave torrentielle granulaire	19.5	73	1	0	3.5	3	0	++++	+	+	0
RS4	Lave torrentielle cohésive	24.5	61.5	2.5	0	4	7.5	0	++++	+	+	0
RS5	Lave torrentielle cohésive	20	69.5	1	0	4	5.5	0	++++	+	+	0
RS6	Lave torrentielle cohésive	19.5	68.5	2	0	3	7	0	++++	+	+	0
St B5(96)	Lave torrentielle cohésive	7.5	43	2.5	0	41	5	1	+++	+	+	0
St B6(96)	Lave torrentielle granulaire	33.5	20	2.5	0	30	13	1	++++	+	+	0
P10	Lave torrentielle cohésive	46.2	0.8	13.6	0	0	39.3	0	++	+	+	0
P2(95)	Lave torrentielle cohésive	60.2	0	8.9	0	0	30.9	0	++	+	+	0
P3(96)	Dépôts intermédiaires (plaquage superciciel)								+++	++	+	0
P4(96)	Dépôts intermédiaires (partie < graveleuse)	48.5	0	13	0	0	37.5	1	+++	++	+	0
V10	Lave torrentielle granulaire (corps)	92.3	0.8	1.7	0	0	5.2		++	+	+	0
V11	Lave torrentielle granulaire (front)	88	0	3.3	0	0	8.4		++	0	+	0
V12	Alluvions torrentielles	86.5	0	4	0	0	7.5	1.5 (carbonates) 0.5 (oxydes)				
SEa(95)	Lave torrentielle granulaire	94.7	0	2.2	0	0	2.8		++++	+	+	0
SE5(95)	Lave torrentielle granulaire	88.5	0	3.5	0	0.5	3	4.5	++++	+	+	0
B1(96)	Lave torrentielle granulaire	12.5	81	1.5	0	0	4.5	0.5	+++	++	+	0
B2(96)	Lave torrentielle granulaire	13.5	58	1	10	13	4.5	0	++	++	+	0
B3(96)	Dépôts intermédiaires	13	83	1	0	0	3		+++	++	+	0
B4	Dépôts intermédiaires	12	79.5	1	0	2	5	0.5	+++	++	+	0
B5	Dépôts intermédiaires	12.5	79.5	1.5	0	1	5.5		+++	++	+	0
B6	Dépôts intermédiaires	13.5	81.5	1	0	0	4					0
B7	Dépôts intermédiaires	12	82	2	0	0	4					0
B15	Lave torrentielle cohésive	29.4	40	1.1	0	19	10.3		+++	+	+	0
B1(95)	Lave torrentielle cohésive	16.4	75.1	1.8	0	0	6.6		++	+	+	Traces smectite
B8	Lave torrentielle granulaire	16.5	75.5	1	0	3.5	3.5		+++	+	++	0
T11	Lave torrentielle cohésive	22	68.3	0.6	0	0	9		++	+	+	0
T5(95)	Lave torrentielle cohésive	21.6	68.1	0.8	0	0	9.4		++	+	+	Traces smectite
T10	Alluvions torrentielles	16	75	1	0	1	7					
Tr9	Lave torrentielle granulaire	59	1.5	34	0.6	0	4.8		++	+	0	++
Tr3(96)	Dépôts intermédiaires	62.5	3	30.5	0	0	3.5	0.5				interstrat Ill-Chl
Tr4(96)	Dépôts intermédiaires											
Tr5	Lave torrentielle granulaire	59	4.5	31.5	0	0	5		+++	+	0	++
Tr6	Dépôt particulier de lave (matrice essorée)	51.5	1.5	42	0	0.5	4	0.5	+++	0	+	++
S7	Lave torrentielle cohésive	25.9	46	2.5	0	0	25.7		++	+	+	0
S4(95)	Lave torrentielle cohésive	24	53	0.8	0	0	20.9		++	+	+	0
S4(96)	Dépôts intermédiaires	16.5	65.5	1	0	0.5	16.5		+++	+	+	0
S5(96)	Dépôts intermédiaires	21.5	56	2	0	1	19.5		++++	+	+	0
M7	Alluvions torrentielles	19.5	80	traces	0	0	0.5					
M4(95)	Dépôts intermédiaires	22.8	75.4	0	0	0	1.8		++	+	+	0
M7(95)	Lave torrentielle cohésive	18	80	0.5	0	0	1.5		+++	++	0	+
St A(96)	Lave torrentielle granulaire	40	36	3	0	2	19		+++	+	+	0

< 1% traces
 [1-25] % +
 [25-50] % ++
 [50-75] % +++
 > 75% ++++

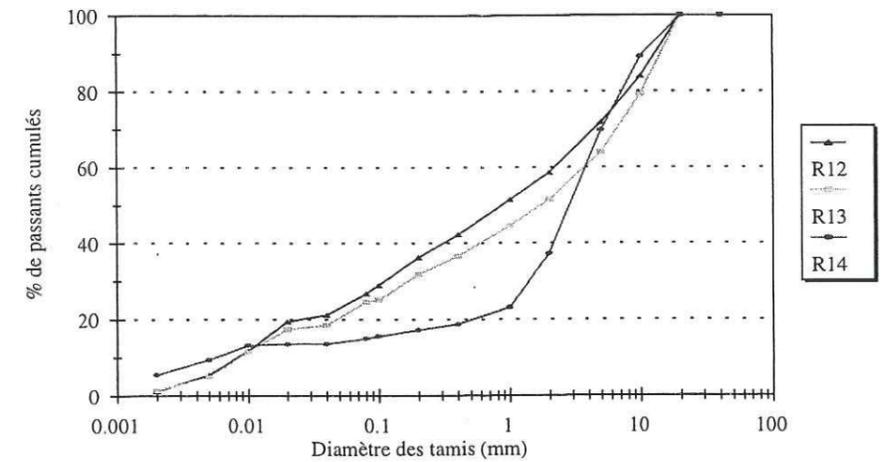
Tableau III-2-4 : valeurs de bleu et pourcentages d'argiles

Numéro d'identification	Identification de l'échantillon	VB (g/100g)	% < 80 µm	% < 2 µm	% relatif d'< 2 µm	VBe (g/100g)	Pourcentage d'argiles (en fonction de leur nature)				VBth (g/100g)
							Illite	Chlorite	Kaolinite	Argiles gonflantes	
R14	Dépôts intermédiaires	0.49	15.0	5.6	37.4	1.31	71	29	0	0	1.25
R12	Lave torrentielle cohésive (front)	0.34	26.8	5.5	20.6	1.65	82	15	3	0	0.71
R13	Lave torrentielle cohésive (corps)	0.34	24.5	5.0	20.4	1.67	83	15	2	0	0.70
C1	Lave torrentielle cohésive (Combe Mouillée)	0.33	28.0	6.3	22.4	1.47	79	3	18	0	0.70
C7	Lave torrentielle cohésive	0.34	27.2	4.8	17.6	1.93	77	13	10	0	0.57
C10	Alluvions torrentielles	0.47	2.1	0.5	24.9	1.89	78	12	10	0	0.81
RS12	Lave torrentielle cohésive	0.34	35.1	6.3	17.9	1.90	74	13	14	0	0.56
RS3(95)	Lave torrentielle cohésive	0.55	42.0	8.8	21.0	2.62	79	10	11	0	0.68
RS4(95)	Lave torrentielle cohésive	0.54	27.6	7.6	27.6	1.96	81	7	12	0	0.89
RS1(96)	Dépôt particulier de lave (base)	0.6	26.1	8.6	32.9	1.82	62	38	0	0	1.09
RS2(96)	Dépôt particulier de lave (base)	0.63	42.2	14.8	35.1	1.80	79	20	0	0	1.18
RS1	Lave torrentielle cohésive	0.4	29.4	6.8	23.1	1.73	82	12	6	0	0.77
RS2	Lave torrentielle cohésive	0.4	25.9	6.6	25.5	1.57	76	12	13	0	0.82
RS3	Lave torrentielle granulaire	0.46	15.0	3.9	26.1	1.76	81	13	6	0	0.86
RS4	Lave torrentielle cohésive	0.49	32.8	10.2	31.2	1.57	79	7	13	0	0.99
RS5	Lave torrentielle cohésive	0.49	32.5	8.8	27.1	1.81	78	8	14	0	0.86
RS6	Lave torrentielle cohésive	0.49	35.4	8.8	24.7	1.98	80	7	13	0	0.79
St B5(96)	Lave torrentielle cohésive	0.54	28.7	7.1	24.9	2.17	75	24	2	0	0.84
St B6(96)	Lave torrentielle granulaire	0.74	8.9	2.3	25.7	2.88	81	11	7	0	0.84
P10	Lave torrentielle cohésive	0.4	27.0	10.3	38.0	1.05	63	14	23	0	1.13
P2(95)	Lave torrentielle cohésive	0.34	27.9	5.5	19.6	1.73	58	6	36	0	0.54
P3(96)	Dépôts intermédiaires (plaquage superciciel)	0.57	37.2	7.1	19.1	2.98	62	7	31	0	0.54
P4(96)	Dépôts intermédiaires (partie < graveleuse)	0.6	14.5	3.1	21.3	2.82	58	10	32	0	0.60
V10	Lave torrentielle granulaire (corps)	0.47	4.3	0.6	13.4	3.51	91	3	6	0	0.45
V11	Lave torrentielle granulaire (front)	0.26	10.1	0.9	8.8	2.96	94	5	0	0	0.31
V12	Alluvions torrentielles	0.54	5.5	0.7	12.2	4.42	94	1	5	0	0.42
SEa(95)	Lave torrentielle granulaire	0.75	5.6	1.0	17.2	4.36	90	10	0	0	0.59
SE5(95)	Lave torrentielle granulaire	0.6	10.6	1.9	17.7	3.40	87	7	5	0	0.59
B1(96)	Lave torrentielle granulaire	0.77	14.7	6.9	46.6	1.65	53	16	31	0	1.30
B2(96)	Lave torrentielle granulaire	0.75	17.4	7.2	41.7	1.80	46	20	34	0	1.14
B3(96)	Dépôts intermédiaires	0.47	3.7	1.5	40.5	1.16	50	13	37	0	1.17
B4	Dépôts intermédiaires	0.89	6.7	2.9	43.3	2.05	57	10	33	0	0.99
B5	Dépôts intermédiaires	0.66	7.8	2.8	35.4	1.87	57	10	33	0	0.99
B6	Dépôts intermédiaires	0.77	9.2	4.2	45.5	1.69	59	12	28	0	0.25
B7	Dépôts intermédiaires	0.69	9.2	3.0	32.1	2.15	59	12	28	0	0.56
B15	Lave torrentielle cohésive	0.66	32.5	6.1	18.8	3.51	70	6	24	0	0.73
B1(95)	Lave torrentielle cohésive	0.63	32.5	8.4	25.9	2.43	60	8	32	0	0.73
B8	Lave torrentielle granulaire	0.77	5.6	1.9	33.9	2.27	58	30	11	0	1.05
T11	Lave torrentielle cohésive	1.2	33.8	3.8	11.2	10.73	65	10	26	0	0.33
T5(95)	Lave torrentielle cohésive	1.05	36.3	15.4	42.4	2.48	58	3	39	0	1.15
T10	Alluvions torrentielles	1	4.3	1.3	30.5	3.28	58	3	39	0	0.00
Tr9	Lave torrentielle granulaire	2.07	19.1	5.6	29.3	7.06	66	0	7	27	2.30
Tr3(96)	Dépôts intermédiaires	1.32	6.2	1.2	19.4	6.80	55	0	2	43	3.65
Tr4(96)	Dépôts intermédiaires	1.93	8.5	2.1	24.5	7.89	55	0	2	43	3.65
Tr5	Lave torrentielle granulaire	2.66	18.9	6.5	34.6	7.68	55	0	2	43	3.65
Tr6	Dépôt particulier de lave (matrice essorée)	0.75	15.4	1.1	6.8	11.00	55	0	2	43	3.65
S7	Lave torrentielle cohésive	0.54	39.0	8.7	22.2	2.43	70	14	17	0	0.69
S4(95)	Lave torrentielle cohésive	0.51	34.2	8.9	26.1	1.95	74	3	23	0	0.79
S4(96)	Dépôts intermédiaires	0.54	9.8	3.6	36.3	1.49	73	4	23	0	1.10
S5(96)	Dépôts intermédiaires	0.6	9.8	3.1	31.5	1.91	75	5	20	0	0.97
M4(95)	Dépôts intermédiaires	1.84	18.9	13.4	71.1	2.59	69	13	18	0	2.19
M7(95)	Lave torrentielle cohésive	1.97	34.5	12.3	35.7	5.51	65	0	28	6	1.39
St A(96)	Lave torrentielle granulaire	0.29	5.9	0.9	14.9	1.95	67	16	17	0	0.46

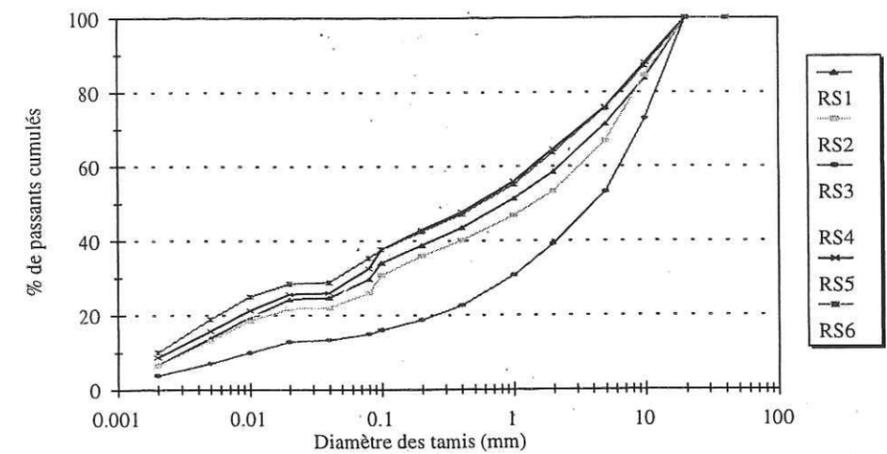
% rel < 2µm = (% abs < 2µm / % abs < 80µm) * 100

VBe = (VB / % rel < 2µm) * 100

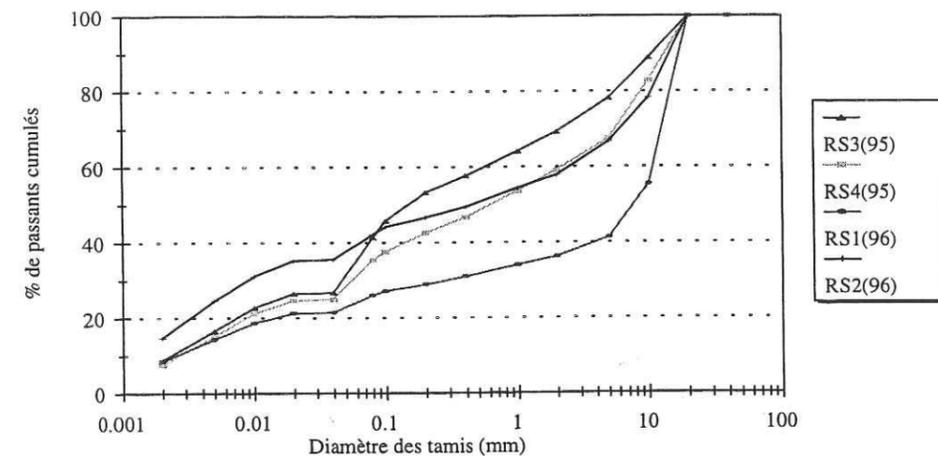
	VBs (g/100g)	VBth = VBkao + VBchlo + VBsmec + VBill
Kaol	1.5	
Ill	3.5	
Chlo	3	
Smect	20	



(a)

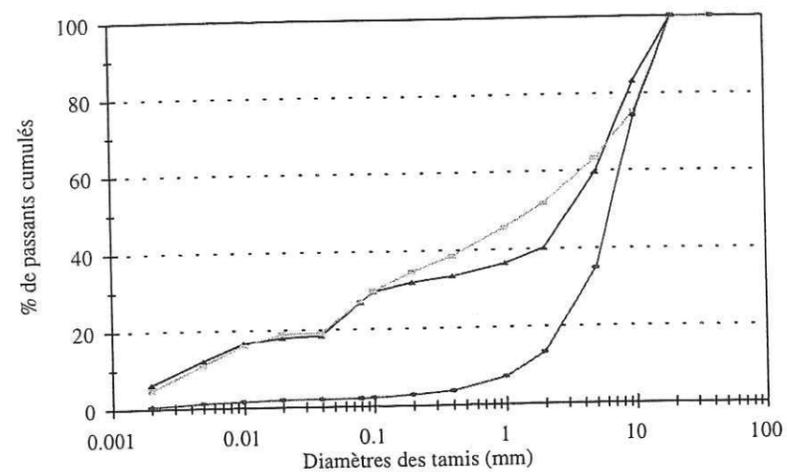


(b)

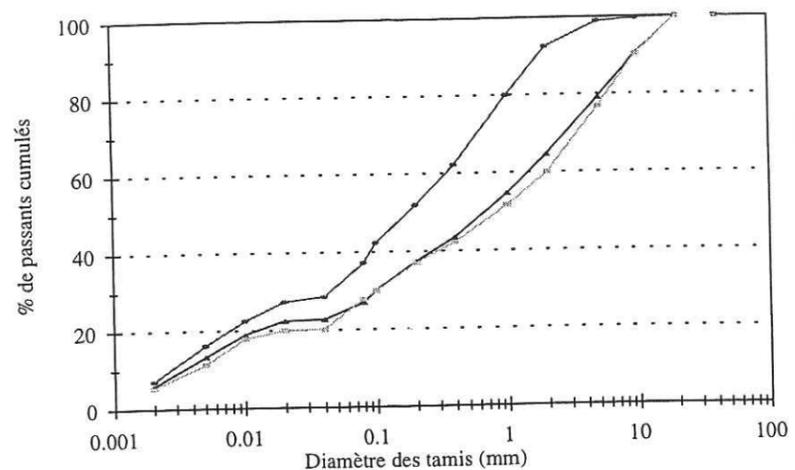


(c)

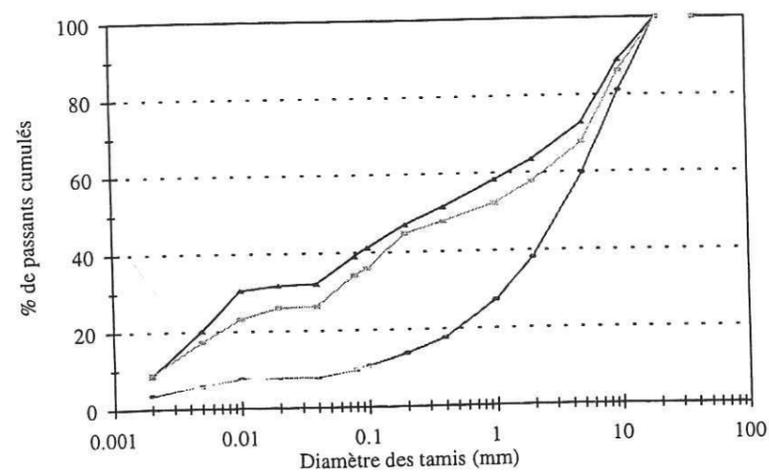
Figures III-2-1 à III-2-3 : courbes granulométriques - a) Ravoire (Savoie) - b et c) Rieu Sec (Savoie)



(a)

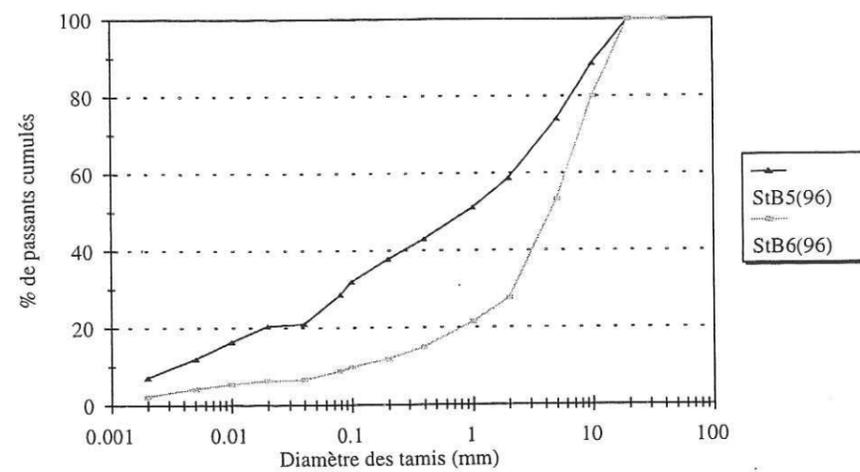


(b)

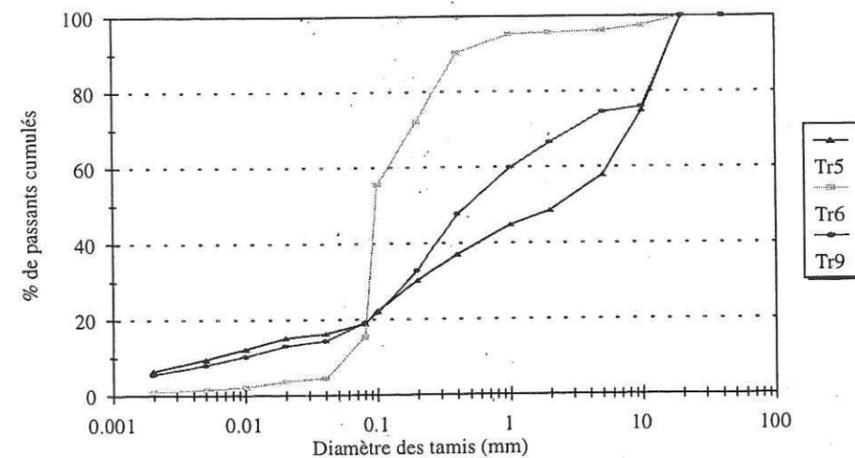


(c)

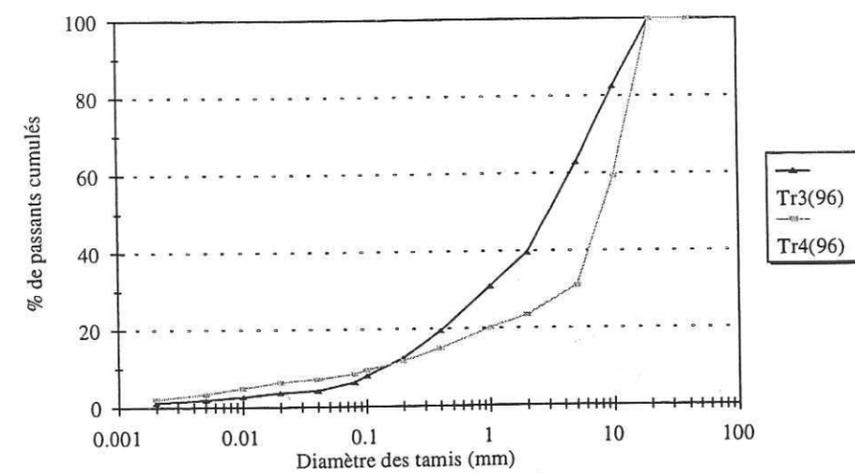
Figures III-2-4 à III-2-6 : courbes granulométriques - a) Claret (Savoie) - b) Pousset (Savoie) - c) Salso Moreno (Alpes Maritimes)



(a)

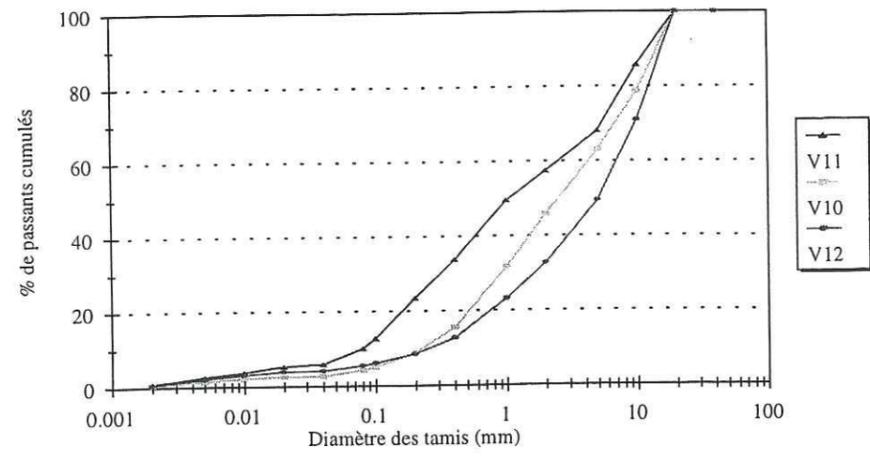


(b)

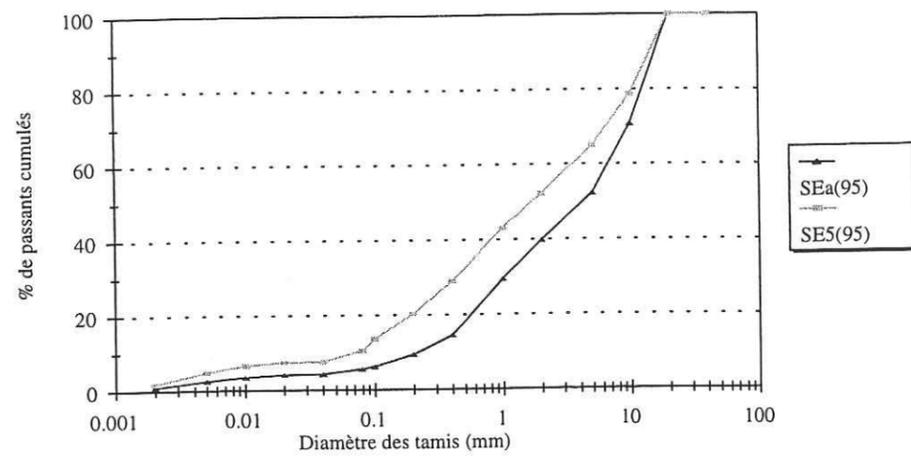


(c)

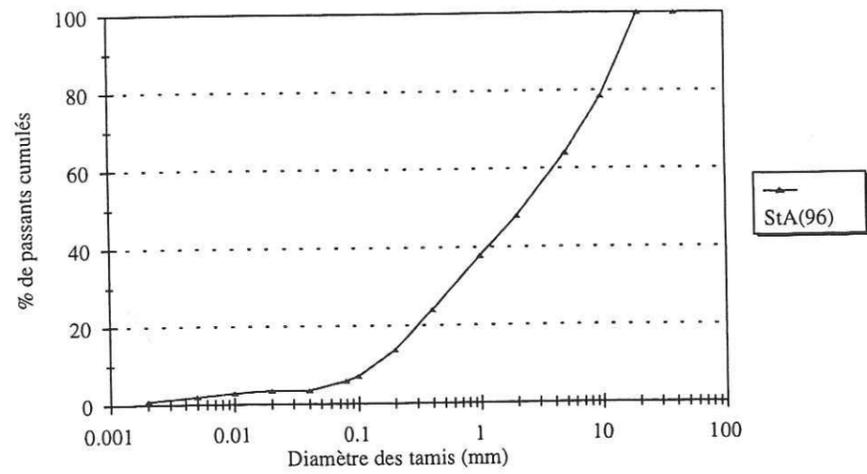
Figures III-2-7 à III-2-9 : courbes granulométriques - a) Saint Martin (Savoie) - b et c) Real (Alpes Maritimes)



(a)

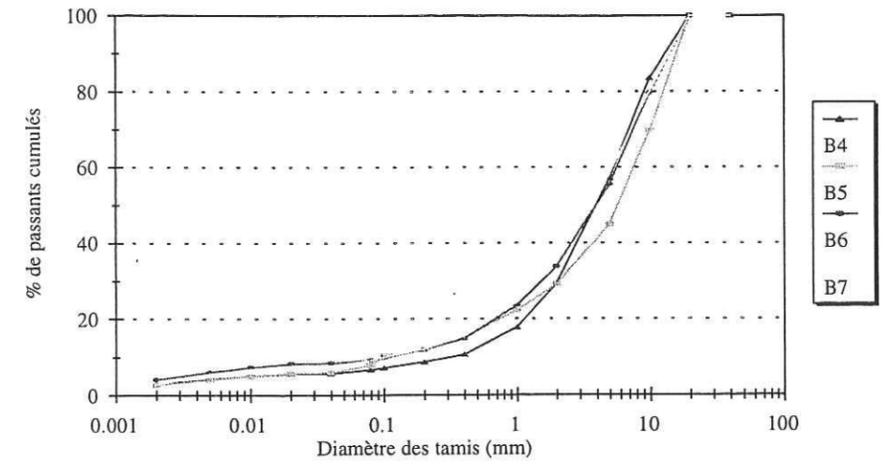


(b)

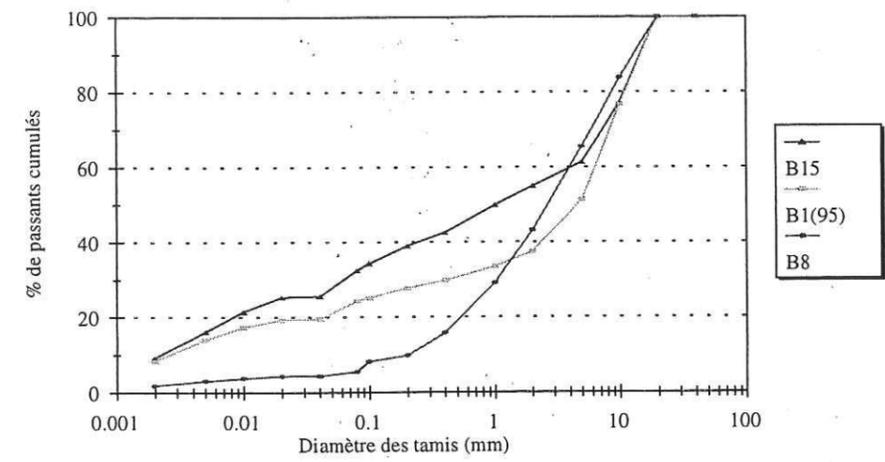


(c)

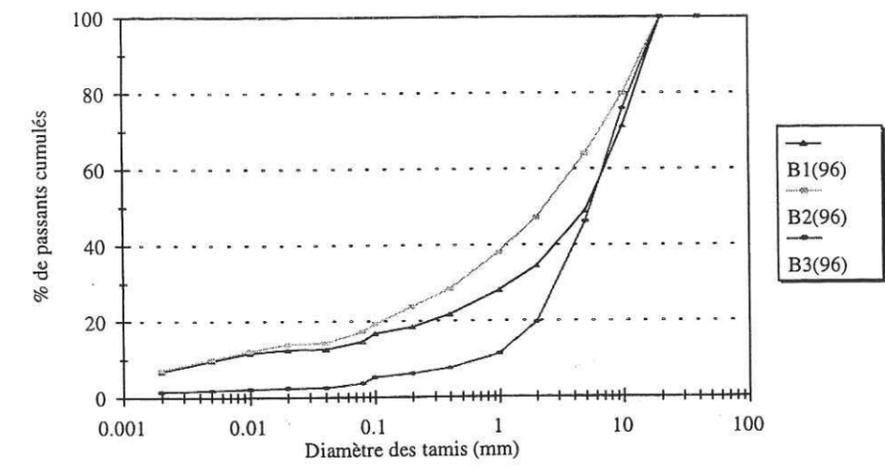
Figures III-2-10 à III-2-12 : courbes granulométriques - a) Verdarel (Hautes-Alpes) - b) Sainte Elisabeth (Hautes-Alpes) - c) Saint Antoine (Savoie)



(a)

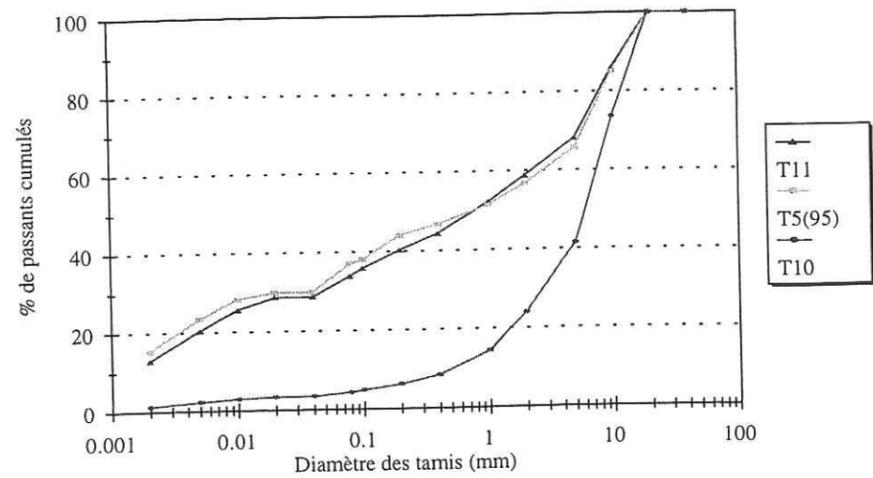


(b)

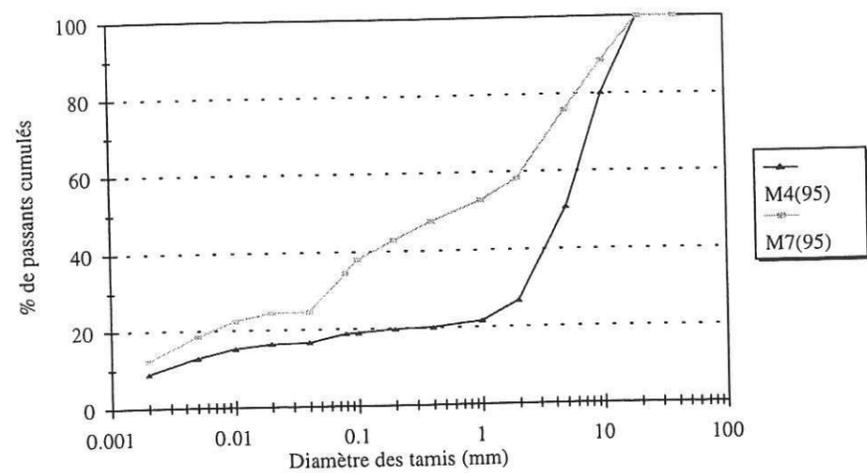


(c)

Figures III-2-13 à III-2-15 : courbes granulométriques du Boscodon (Hautes-Alpes)

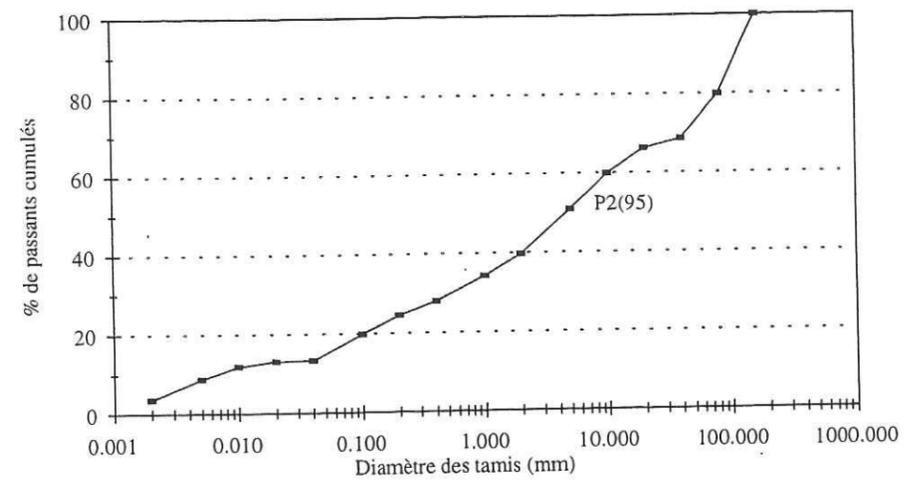


(a)

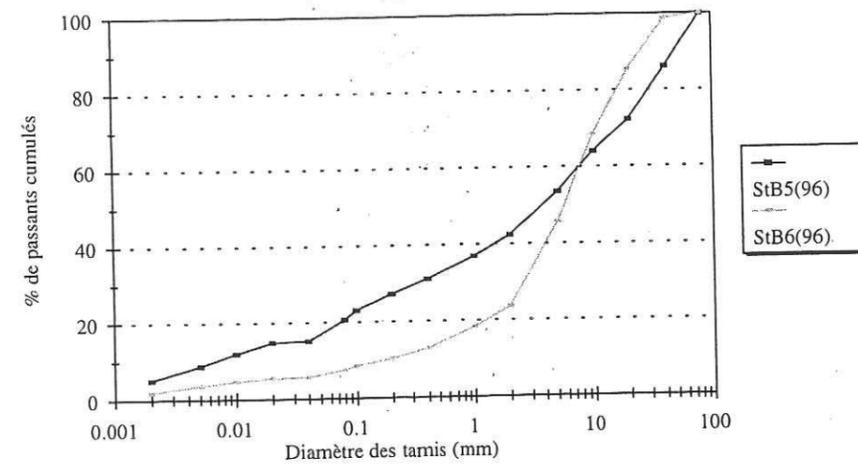


(b)

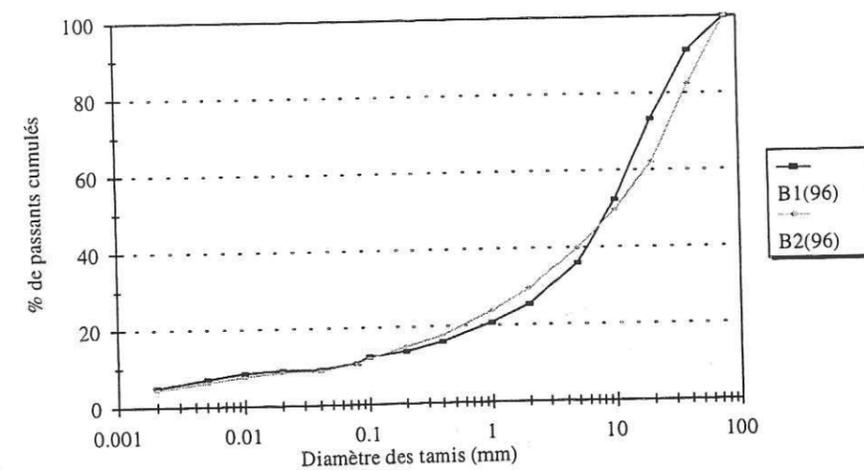
Figures III-2-16 et III-2-17 : courbes granulométriques - a) Tuebi (Alpes Maritimes) - b) Maiola (Alpes de Haute Provence)



(a)

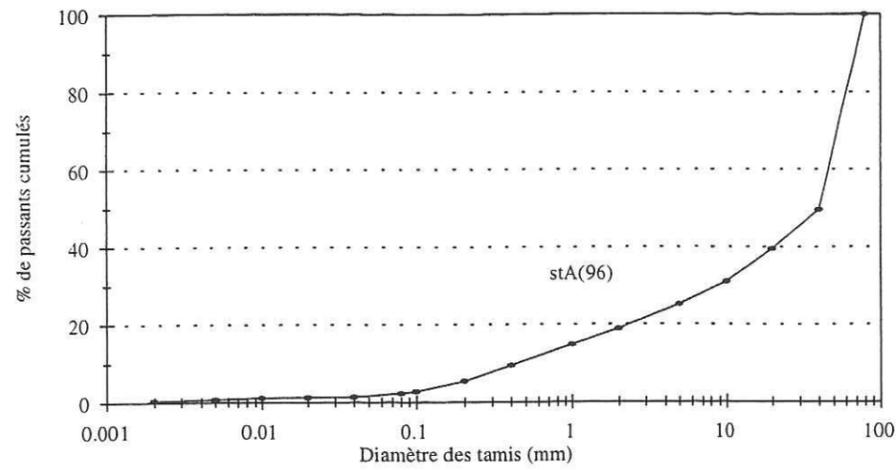


(b)

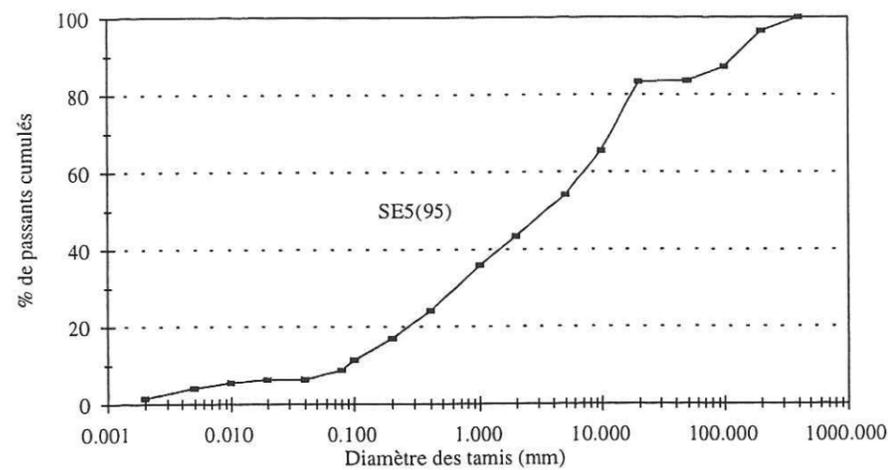


(c)

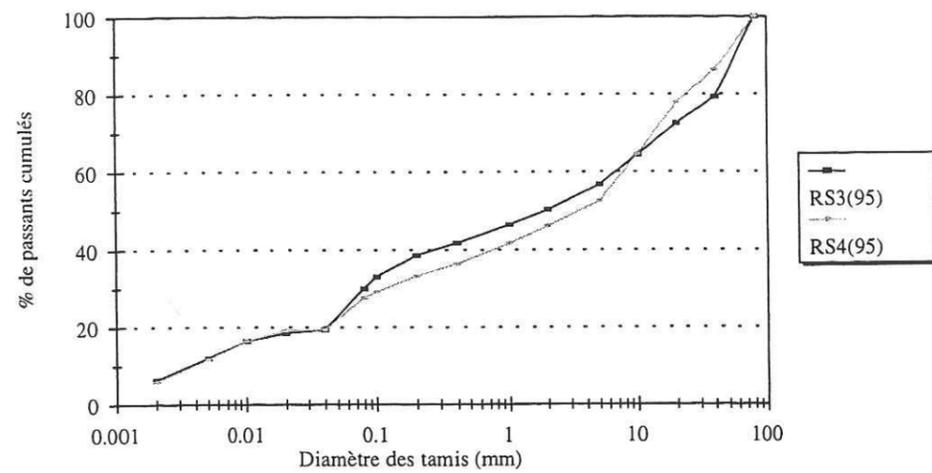
Figures III-2-18 à III-2-20 : courbes granulométriques complétées de laves torrentielles - a) Pousset (Savoie) - b) Saint Martin (Savoie) - c) Boscodon (Hautes-Alpes)



(a)

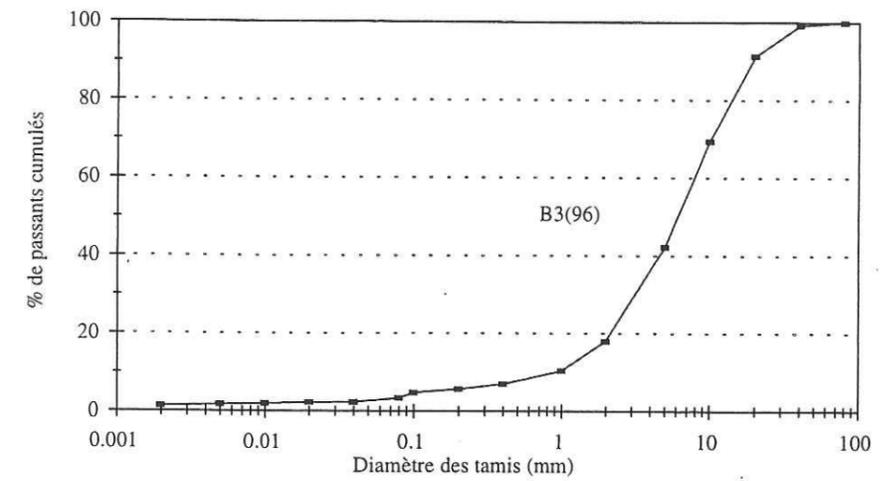


(b)

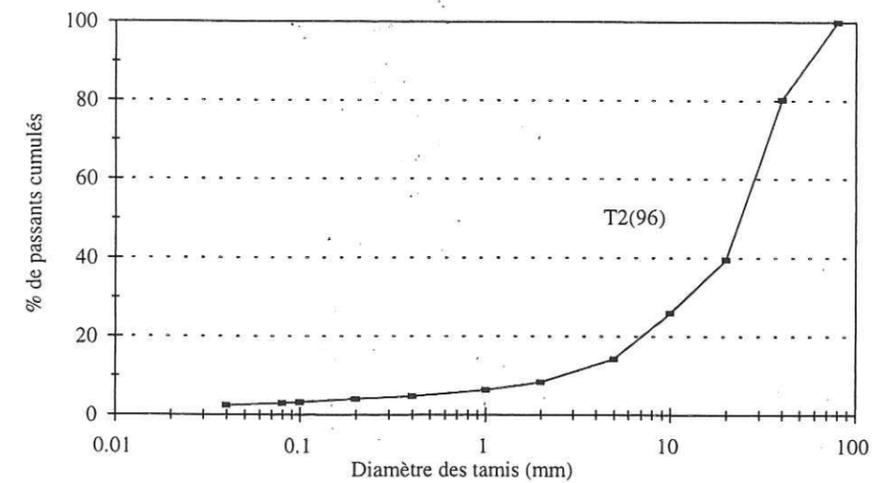


(c)

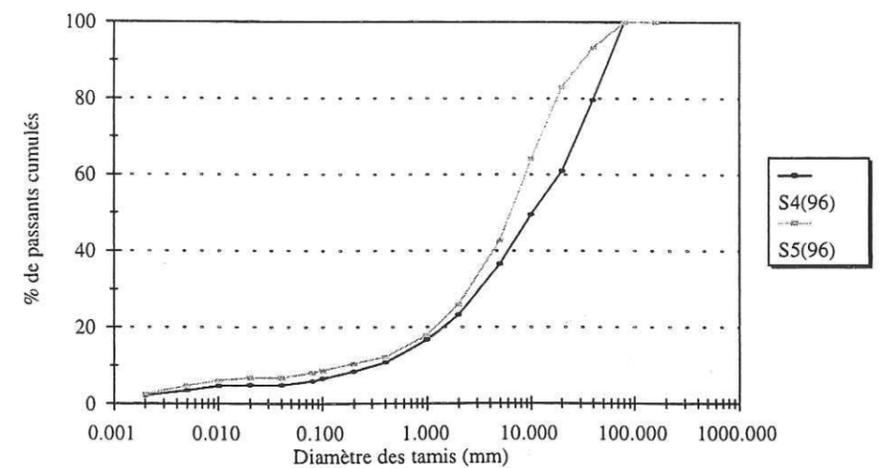
Figures III-2-21 à III-2-23 : courbes granulométriques complétées de laves torrentielles a) Saint Antoine (Savoie) - b) Sainte Elisabeth (Hautes-Alpes) - c) Rieu Sec (Savoie)



(a)



(b)



(c)

Figures III-2-24 à III-2-26 : courbes granulométriques complétées de dépôts intermédiaires - a) Boscodon (Hautes-Alpes) - b) Tuebi (Alpes Maritimes) - c) Salso Moreno (Alpes Maritimes)

Annexe III-2-C : résultats des essais rhéométriques

Tableau III-2-5 : paramètres de la loi de Herschel-Bulkley ajustés aux valeurs rhéométriques

Echantillons représentant des laves torrentielles

	R12		R13		B15		Tr9	
Cv (%)	30	40	30	40	30	40	30	40
Tc (Pa)	14	190	10	159	33	390	26	417.09
K	3.518	58.31	3.03	37.9	11.219	96	2.438	51.535
n	0.332	0.333	0.325	0.33	0.334	0.332	0.333	0.334

	C7		C1		S7		S4(95)	
Cv (%)	30	40	30	40	30	40	30	40
Tc (Pa)	19.15	195	14.14	104	21.52	265	39.5	390.15
K	5.095	51.308	2.967	28.545	6.59	70.557	12.623	
n	0.333	0.332	0.333	0.33	0.333	0.333	0.333	

	T11		T5(95)		P10			
Cv (%)	30	40	30	40	30	35	37	40
Tc (Pa)	35	174	46.26	360	37.06	110	185	392.85
K	7.292	32.747	8.95	61.058	11.402		52.389	
n	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333		0.333	

	P2(95)				P2(95) *			
Cv (%)	30	35	37	40	30	35	37	40
Tc (Pa)	53	155	260	530.5	54	165		
K	14.921	49.339			16.118	42.78		
n	0.333	0.333			0.333	0.333		

	RS12			RS3(95)		
Cv (%)	30	33	40	30	33	40
Tc (Pa)	12.1	27	175	17	43	325
K	4.533		54.805		15.594	100.784
n	0.333		0.333		0.333	0.333

	V10			V11		
Cv (%)	30	35	40	30	35	40
Tc (Pa)	100	490.86	> 1485	40.33	125	390
K	36.122	161.44		12.815	62.676	
n	0.333	0.333		0.334	0.333	

	SEa(95)		
Cv (%)	30	35	40
Tc (Pa)	39	126	397
K	9.669		
n	0.333		

Echantillons représentant dépôts intermédiaires et alluvions

	B1(95)		M4(95)			R14	
Cv (%)	30	40	30	33	40	30	40
Tc (Pa)	23.5	155	16	35	220	38	305
K	5.306	33.881	3.471		27.083	6.208	59.197
n	0.333	0.333	0.332		0.333	0.334	0.333

Rq : les valeurs en italique sont des interpolations des points de mesure
 P2(95) * : réalisés avec de l'eau du Pousset

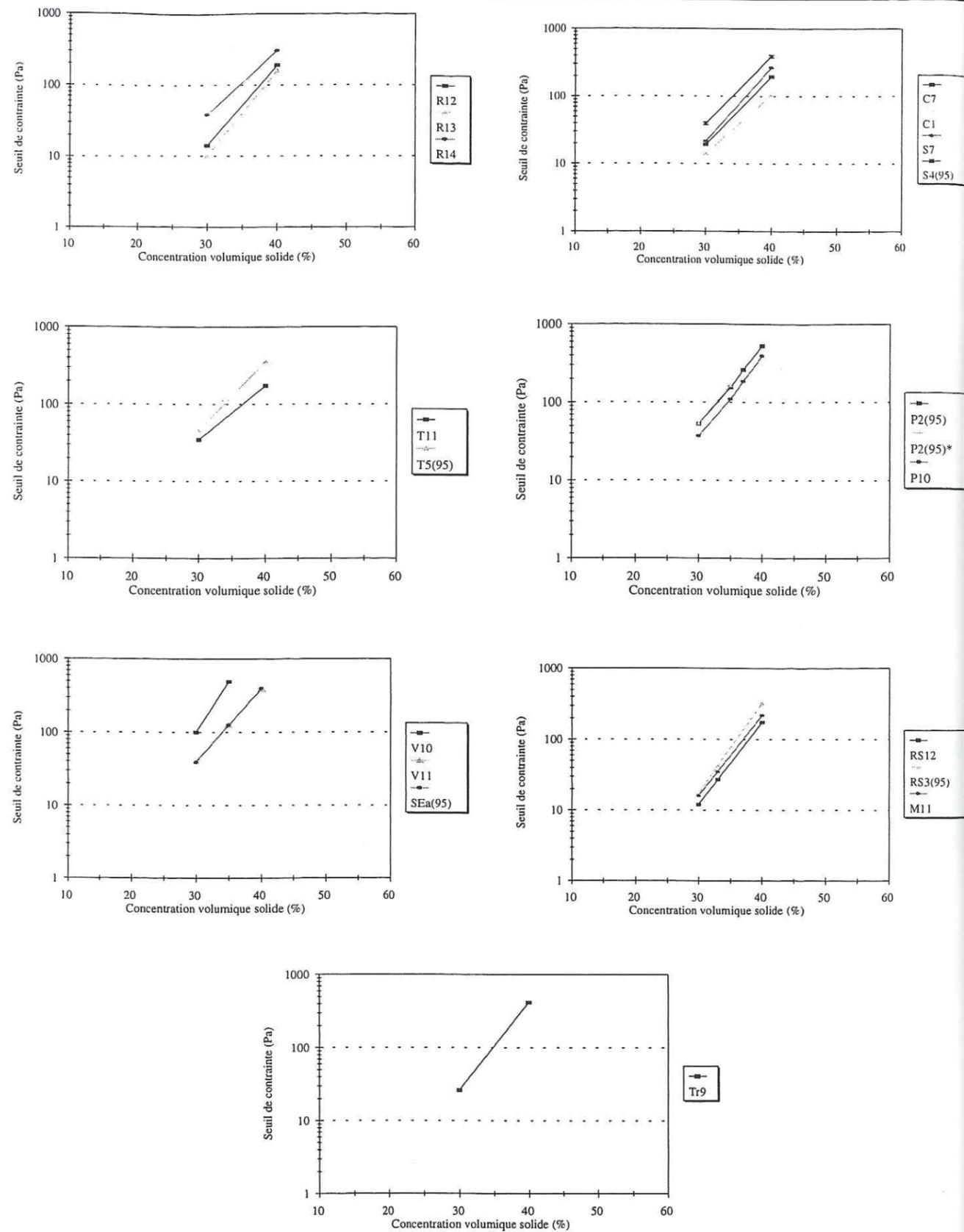


Figure III-2-27 : variation des seuils de contrainte en fonction des concentrations volumiques solides

Tableau III-3-1 : identification granulométrique des échantillons

Numéro d'identification	Identification de l'échantillon	Analyse de la fraction fine		Analyse fraction 2-20 mm			Identification LCPC	Coefficients granulométriques			
		% < 50 µm (absolu)	Identification Jamagne	% graviers grossiers	% graviers petits	% graviers moyens		S0	As	Cc	Cu
R1	Produits de glissement	22	SA	31.41	34.06	34.53	GA	75.0	5.9	1.8	710.5
R2	Produits de glissement coulés	13	SL	38.92	23.29	37.79	GL	36.0	9.0	7.6	785.7
R3	Produits de glissement	12	SL	38.26	22.54	39.2	GA	15.4	10.0	22.9	777.8
R4	Produits de glissement	23.5	SA	34.19	33.81	31.99	GA	84.6	5.4	3.5	711.5
R9	Colluvions de pente	28.5	LMS	37.94	33.72	28.34	GA	684.2	6.5	0.8	1040.0
R10	Colluvions de pente	36	AL	37.88	27.16	34.96	GL	2181.8	7.2	0.0	2727.3
R4(95)	Produits de glissement	30	LMS	34.75	35.62	29.63	GA	225.0	5.4	0.7	1111.1
C1(95)	Eboulis de dolomies et calcaire	22	LMS	33.78	30.03	36.18	GL-GA	62.9	8.8	10.8	1450.0
C5	Eboulis gypse et calcschistes	23.8	SL	35.89	31.12	32.99	GA	116.7	6.2	1.5	1157.9
St B1(96)	Altérites de schistes	20.3	SA	20.03	41.43	38.54	GA	58.0	5.8	5.1	1428.6
V14(95)	Dépôts fins en cuvette	17.8	SL	27.98	36.11	35.91	SL-SA	29.3	4.0	5.8	233.3
SE6	Eboulis de quartzite	4	S	29.57	34.82	35.61	Gm	13.3	8.4	1.0	32.5
B2(95)	Eboulis de calcaire	7.9	SL	14.51	54.33	31.16	GL-Gm	3.8	5.9	4.7	22.8
T13	Eboulis et altérites de marnes	27	LSA	27.9	37.32	34.79	SL	142.5	5.7	1.6	2250.0
T15	Eboulis et altérites de marnes	29	A	52.33	19.4	28.27	SA	1500.0	10.5	0.5	5000.0
Tr1	Eboulis ordonnés	18	SL	48.08	22.4	29.52	SL	60.0	4.7	4.7	189.2
Tr2	Dépôts fins en cuvette	26	SA	47.61	26.92	25.47	SL	119.6	5.0	3.4	833.3
Tr3	Produits de glissement coulés	18	SA	53.47	15.7	30.83	SL	87.0	8.6	12.8	1200.0
M3(95)	Eboulis grossiers	28	AS	26.68	35.87	37.44	GA	428.6	6.0	1.3	3333.3

S : sable
 SL : sable limoneux
 SA : sable argileux
 SAL : sable argilo-limoneux
 Sb : sable propre bien gradué
 Sm : sable propre mal gradué

LSA : limon sablo-argileux
 LAS : limon argilo-sableux
 LMS : limon moyen sableux
 LS : limon sableux

A : argile

GL : grave limoneuse
 Gb : grave propre bien graduée
 Gm : grave propre mal graduée
 GA : grave argileuse

Tableau III-3-2 : identification géotechnique des échantillons

Numéro d'identification	Identification de l'échantillon	% < 2µm (argiles)	Limites d'Atterberg (%)			Activité	VB (g/100g)	% CaCO3	% MO
			Wl	Wp	IP				
R1	Produits de glissement	6.3	37	29.5	7.5	1.19	0.44	26.67	0.65
R2	Produits de glissement coulés	4.46	39	27.8	11.2	2.51	0.39	25	0.96
R3	Produits de glissement	3.19	24.5	13.95	10.55	3.31	0.46	15.3	0.37
R4	Produits de glissement	8.7	27.3	17.55	9.75	1.12	0.54	18.3	0.28
R9	Colluvions de pente	8.46	30	21.6	8.4	0.99	1	20	0.5
R10	Colluvions de pente	10.65	35.7	29.3	6.4	0.60	0.54	16	0.45
R4(95)	Produits de glissement	10.53	27.2	17.8	9.4	0.89	0.86	23	0.97
C1(95)	Eboulis de dolomies et calcaires	6.46	28.8	22.2	6.6	1.02	0.74	52	0.67
C5	Eboulis gypse et calcschistes	6.11	29.22	21.78	7.44	1.22	0.34	16.3	
St B1(96)	Altérites de schistes	8.7	32.5	24.17	8.33	0.96	0.95	1.73	
V14(95)	Dépôts fins en cuvette	5.77	33.3	25.3	8	1.39	1.28	1	0.91
SE6	Eboulis de quartzite	0.72	16.8	-	-	-	0.51	1.33	0.62
B2(95)	Eboulis de calcaire	3.34	25	18.7	6.3	1.89	0.83	73.33	
T13	Eboulis et altérites de marnes	13.49	25.2	18.8	6.4	0.47	1.03	51.33	1.54
T15	Eboulis et altérites de marnes	14.63	34.6	22.82	11.78	0.80	1.43	73	0.83
Tr1	Eboulis ordonnés	7.93	21.4	17.35	4.05	0.51	1.92	1.67	0.21
Tr2	Dépôts fins en cuvette	10.36	27.8	21.5	6.3	0.61	2.36	2	0.37
Tr3	Produits de glissement coulés	10.38	25.6	19.56	6.04	0.58	3.57	1.67	0.39
M3(95)	Eboulis grossiers	10.86	30	21	9	0.83	1.53	63.67	

Tableau III-3-3 : identification minéralogique des argiles et des poudres

Numéro d'identification	Identification de l'échantillon	Minéralogie des poudres							Nature des argiles			
		% Quartz	% Calc	% Felds	% Gyps	% Dol	% argiles	% autres	Illite	Kaolinite	Chlorite	Gonflantes
R1	Produits de glissement	38.3	38.6	6.4	0	1.7	15	0	++	+	+	Interstrat Ch-Sm chl gonflante
R2	Produits de glissement coulés	38.6	36.9	6.5	0	3.3	14.7	0	++	0	+	
R3	Produits de glissement	43.4	24.8	6.6	0	1.2	24	0	++	Traces	+	Interstrat Ch-Sm chl gonflante
R4	Produits de glissement	42.4	27.2	5.6	0	0.8	24	0	++	Traces	+	Interstrat Ch-Sm chl gonflante
R9	Colluvions de pente	41.4	30.2	3.6	0.9	0	23.9	0	++	0	+	Interstrat Ch-Sm chl gonflante
R10	Colluvions de pente	41.7	17.6	3.8	0	9.5	27.4	0	++	+	+	Chl gonflante
R4(95)	Produits de glissement	54	28	4	0.8	0	13	0	++++	+	+	0
C1(95)	Eboulis de dolomies et calcaire	37	56	2	0	3	2	0	++++	+	+	0
C5	Eboulis gypse et calcschistes	30.5	15	9	0.5	25.5	19.5	0	+++	+	+	0
St B1(96)	Altérites de schistes	33.5	0	10.5	0	0	56	0	++++	+	+	0
V14(95)	Dépôts fins en cuvette	87.5	0	1	0	0	3	8.5				
								(muscovite)				
SE6	Eboulis de quartzite	98.2	0	1.2	0	0	0.5	0	++	+	0	interstrat Ver-II
B2(95)	Eboulis de calcaire	15	78	2	0	0	5	0	+++	+	++	Interstrat Ver-chl
T13	Eboulis et altérites de marnes	27.4	54.9	1.9	0	0	15.8	0	++	+	+	interstrat Ver-chl
T15	Eboulis et altérites de marnes	14.2	80.7	0.9	0	0	4.2	0	++	+	+	0
Tr1	Eboulis ordonnés	68.7	1.2	24.8	0	0	5.3	0	++	Traces	+	Chl gonflante
Tr2	Dépôts fins en cuvette	62.1	1.2	30.4	0	0	6.2	0	++	0	+	interstrat Ch-Sm
Tr3	Produits de glissement coulés	65.7	1.2	28.1	0	0	5.1	0	++	+	+	interstrat Ver-Sm
M3(95)	Eboulis grossiers	27	73	0	0	0	Traces	0	+++	++	0	Interstrat Ill-Sm

Ill : illite
Sm : smectite
Ver : vermiculite
Chl : chlorite

Tableau III-3-4 : valeurs de bleu et pourcentages d'argiles

Numéro d'identification	Identification de l'échantillon	VB (g/100g)	% < 2 µm	% < 80 µm	% relatif d'< 2 µm	VBe (g/100g)	Pourcentage d'argiles (en fonction de leur nature)				VBth (g/100g)
							Illite	Chlorite	Kaolinite	Argiles gonflantes	
R1	Produits de glissement	0.44	6.3	25	25.20	1.75	86	14	0	0	0.86
R2	Produits de glissement coulés	0.39	4.46	18	24.78	1.57	72	22	0	6	1.07
R3	Produits de glissement	0.46	3.19	13.21	24.15	1.90	81	12	6	0	0.82
R4	Produits de glissement	0.54	8.7	26.4	32.95	1.64	81	10	9	0	1.09
R9	Colluvions de pente	1	8.46	31.79	26.61	3.76	77	14	7	2	0.95
R10	Colluvions de pente	0.54	10.65	38.17	27.90	1.94	76	17	6	1	0.95
R4(95)	Produits de glissement	0.86	10.53	35.5	29.66	2.90	82	11	7	1	1.04
C1(95)	Eboulis de dolomies et calcaire	0.74	6.46	22.68	28.48	2.60	80	9	11	0	0.92
C5	Eboulis gypse et calcschistes	0.34	6.11	32.25	18.95	1.79					
St B1(96)	Altérites de schistes	0.95	8.7	22.6	38.50	2.47	74	6	20	0	1.18
V14(95)	Dépôts fins en cuvette	1.28	5.77	17.34	33.28	3.85	95	2	3	0	1.14
SE6	Eboulis de quartzite	0.51	0.72	6	12.00	4.25	76	3	21	0	0.37
B2(95)	Eboulis de calcaire	0.83	3.34	8.47	39.43	2.10	64	27	8	1	1.33
T13	Eboulis et altérites de marnes	1.03	13.49	30.98	43.54	2.37	77	8	14	1	1.47
T15	Eboulis et altérites de marnes	1.43	14.63	31.85	45.93	3.11	71	14	14	0	1.44
Tr1	Eboulis ordonnés	1.92	7.93	23.04	34.42	5.58	69	14	8	10	1.67
Tr2	Dépôts fins en cuvette	2.36	10.36	35.58	29.12	8.11	66	0	0	34	2.64
Tr3	Produits de glissement coulés	3.57	10.38	19.55	53.09	6.72	69	0	13	18	3.32
M3(95)	Eboulis grossiers	1.53	10.86	31.8	34.15	4.48	65	0	28	6	1.33

% rel < 2µm = (% abs < 2µm / % abs < 80µm) * 100

VBe = (VB / % rel < 2µm) * 100

	VBS (g/100g)
Kaol	1.5
Ill	3.5
Chlo	3
Smect	20

VBth = VBkao + VBchl + VBsm + VBill

Annexe IV-1 : méthodes mises en oeuvre pour caractériser les zones d'initiation

Les méthodes que nous avons pu mettre en oeuvre dans le cas d'une étude générale concernant onze bassins torrentiels sont relativement simples et rudimentaires, et de ce fait peu coûteuses. Il était de toute manière hors de question d'installer des systèmes onéreux dans des zones à évolution potentiellement rapide au risque qu'ils soient emportés à la première lave torrentielle importante. C'est pourquoi une première approche, de nature qualitative, était nécessaire pour déterminer l'ampleur de l'évolution des zones d'initiation des différents torrents.

1.1) Marquage de blocs des zones d'initiation

De la même façon que nous avons suivi le déplacement des blocs situés dans les chenaux des torrents, nous avons marqué des blocs localisés dans certaines zones d'initiation potentielle. Cette technique permet de suivre l'évolution de ces zones (intensité de ravinement, déplacement au front d'un glissement) au cours de l'année.

1.2) Suivi photographique en Maurienne

Celui-ci a été mené en étroite collaboration avec les services RTM dont la présence permanente sur les lieux a permis d'obtenir un meilleur suivi.

1.2.1) Objectifs

Le but principal de ces opérations était de repérer, par la réalisation de photographies durant le printemps et l'été, l'évolution des zones d'initiation, plus particulièrement après un orage ou un épisode de pluies torrentielles.

1.2.2) Moyens mis en oeuvre

Les zones intéressantes ayant été préalablement identifiées au cours des missions d'observation géologique et géomorphologique, des jalons ou repères sur points topographiques fixes ont été installés, et ont servi de lieux de prises de vue.

Les photographies ont été réalisées en utilisant toujours le même appareil photographique, qui était fixé sur un pied, en maintenant toujours un pied descendu au maximum, et en rétablissant l'horizontale à l'aide des deux autres pieds en fonction de la déclivité du terrain.

Une première campagne de photographies a été réalisée en 1995 en indexant chaque cliché effectué avec les paramètres nécessaires pour la meilleure reproduction de la prise de vue : appellation de la photographie, angle de prise de vue par rapport à l'horizontale, focale utilisée, localisation géographique des repères fixes.

A l'aide de ces premières prises de vue, considérées comme photographies repères de l'étude, un catalogue a été constitué, qui sert de modèle sur le terrain pour les photographies suivantes. Quelques précautions ont été nécessaires afin de pouvoir corréler ces différentes prises de vue, qui concernent notamment la nécessité de respecter au mieux les heures de passages (± 1 heure).

1.2.3) Méthodes d'analyses

La comparaison de clichés successifs s'effectue tout d'abord par superposition et observation détaillée des objets visés afin de détecter les évolutions. En cas de doute et de détection d'un changement important, nous avons procédé par scannerisation et superposition des photographies intéressantes.

1.3) Jalonnement des zones d'initiation potentielle

Afin de compléter le suivi photographique, des alignements de jalons de chantiers de travaux publics en bois, qui représentent des hauteurs de 75 cm, marqués alternativement de rouge et blanc sur 25 cm, ont été effectués dans certains versants et sur certaines berges. Ces alignements ont été reportés sur cartes en notant l'espacement et l'orientation entre deux jalons successifs. La quantification de la modification de ces alignements nous permet d'évaluer l'ampleur du transport des matériaux, et ainsi de préciser l'évolution des pentes surveillées.

Légende des formations du substratum

Zone ultra-dauphinoise

-  - Flysch des aiguilles d'Arves (Priabonien)
-  - Flysch de base : grès et conglomérats
-  - Lias indifférencié
Calcaires et schistes
-  - Trias et Permien
- Schistes noirs et calcaires siliceux
-  - Argilites
-  - Gypse et anhydrite
-  - Calcaires et dolomies
-  - Quartzites
-  - Schistes siliceux

Zone subbriançonnaise

Nappe du Pas du Roc

-  - Jurassique
Marnes et marno-calcaires
-  - Calcaire massif
-  - Lias
Calcaire en plaquettes
-  - Calcaires à rognons de silex
-  - Trias
Schistes noirs
-  - Argilites et dolomies

Nappes de l'Embrunais-Ubaye

-  - Priabonien
Flysch gréséo-pélique sombre
-  - Crétacé supérieur - Eocène
Calcaires planctoniques
-  - Jurassique
Marnes noires et schistes siliceux
-  - Calcaires noirs oolitiques
-  - Trias
Argilites versicolores
-  - Gypse
-  - Cargneules

Zone Briançonnaise

Trias	
	Trias calcaréo-dolomitique
	Gypses, dolomies, schistes pélitiques
	Quartzites blancs
	Grès conglomératiques grossiers, dits faciès Verrucano
Permo-carbonifère	
	Schistes pélitiques, conglomérats et anthracite

Couverture sédimentaire du massif de l'Argentera

Paléogène	
	Calcaires sableux et grès
Crétacé	
	Calcaires stratifiés massifs
	Marnes noires à niveaux glauconieux
	Marno-calcaires sombres
Jurassique	
	Calcaire massif
	Marnes bleues
	Alternance de calcaires fins et marnes
Lias	
	Calcaires à gryphées

Légende des formations superficielles

	Dépôts torrentiels actuels		Eboulis actifs
	Dépôts torrentiels anciens		Eboulis anciens
	Cône de déjection actuel		Eboulis fins
	Cône de déjection ancien		Eboulis à cailloux et rares blocs
	Moraine		Eboulis à blocs
	Moraine et éboulis mêlés		Eboulis ordonnés
	Eboulis et dépôts torrentiels		Brèches de pente
			Formations de versant indifférenciées
			Formations de versant (terrains glissés)
			Formations de versant (terrains écroulés)
			Altérites de marnes
			Altérites de gypse

Indications morphologiques

	Fissures ouvertes
	Décollement superficiel de la couverture d'altération
	Griffes d'érosion
	Gros blocs isolés dans le chenal
	Embâcle
Glissement de terrain	
	ancien
	actif
	Coulée active
	ancienne
	Paquet glissé
	Solifluxion
	Zone d'accumulation
	(1) Faille ou chevauchement observés
	(2) Faille ou chevauchement supposés

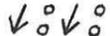
Légende de la carte géomorphologique

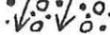
 Falaises rocheuses

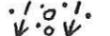
 Pans rocheux

Eboulis actifs

 Eboulis pierreux

 Eboulis à blocs

 Eboulis pierreux et à blocs

 Eboulis fixés

 Cône d'éboulis

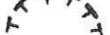
 Chaos de blocs

 Chute de pierre

 Glissement actif

 Extension bien délimitée

 Extension incertaine

 Glissement ancien

 Solifluxion

 Paquets glissés

Formes glaciaires et dépôts

 Roches moutonnées

 Moraines

 Arc morainique

 Glacier rocheux

 Ancien

 Actif

 Blocs erratiques

 Limite de bassin versant

 Lit majeur du torrent

 Anciens chenaux

 Seuil naturel

 Embâcle naturel

 Sources

 Zone humide

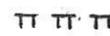
 Ecoulement souterrain

 Entonnoirs de dissolution

 Canal de dérivation

Berges latérales

 Hauteur < 1 m

 Hauteur 1-5 m

 Hauteur 5-10 m

 Hauteur > 10 m

 Dépôts torrentiels

 Cône de déjection torrentiel

 Ancien

 Actuel

 Erosion linéaire

 Ravinement

 Erosion aréolaire

 Cheminées de fée

Légende des cartes des pentes

 $< 5^\circ$

 $[5 - 10 [^\circ$

 $[10 - 15 [^\circ$

 $[15 - 40 [^\circ$

 $\geq 40 ^\circ$

**ANNEXE IV-2-A : Cartes du sous-bassin versant hydrologique du glissement de
Bon Attrait**

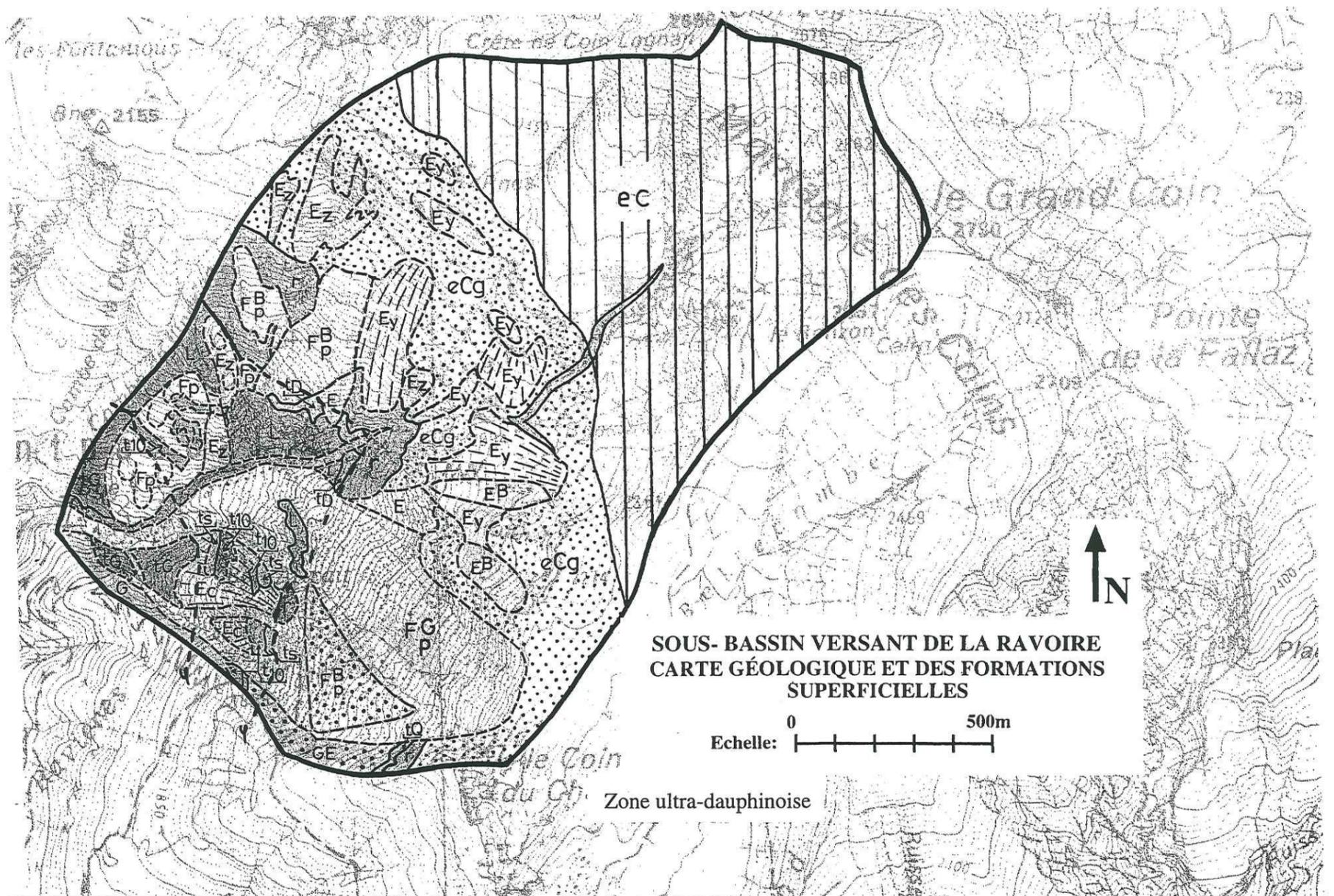
(torrent de la Ravoire de Pontamafrey, Savoie)

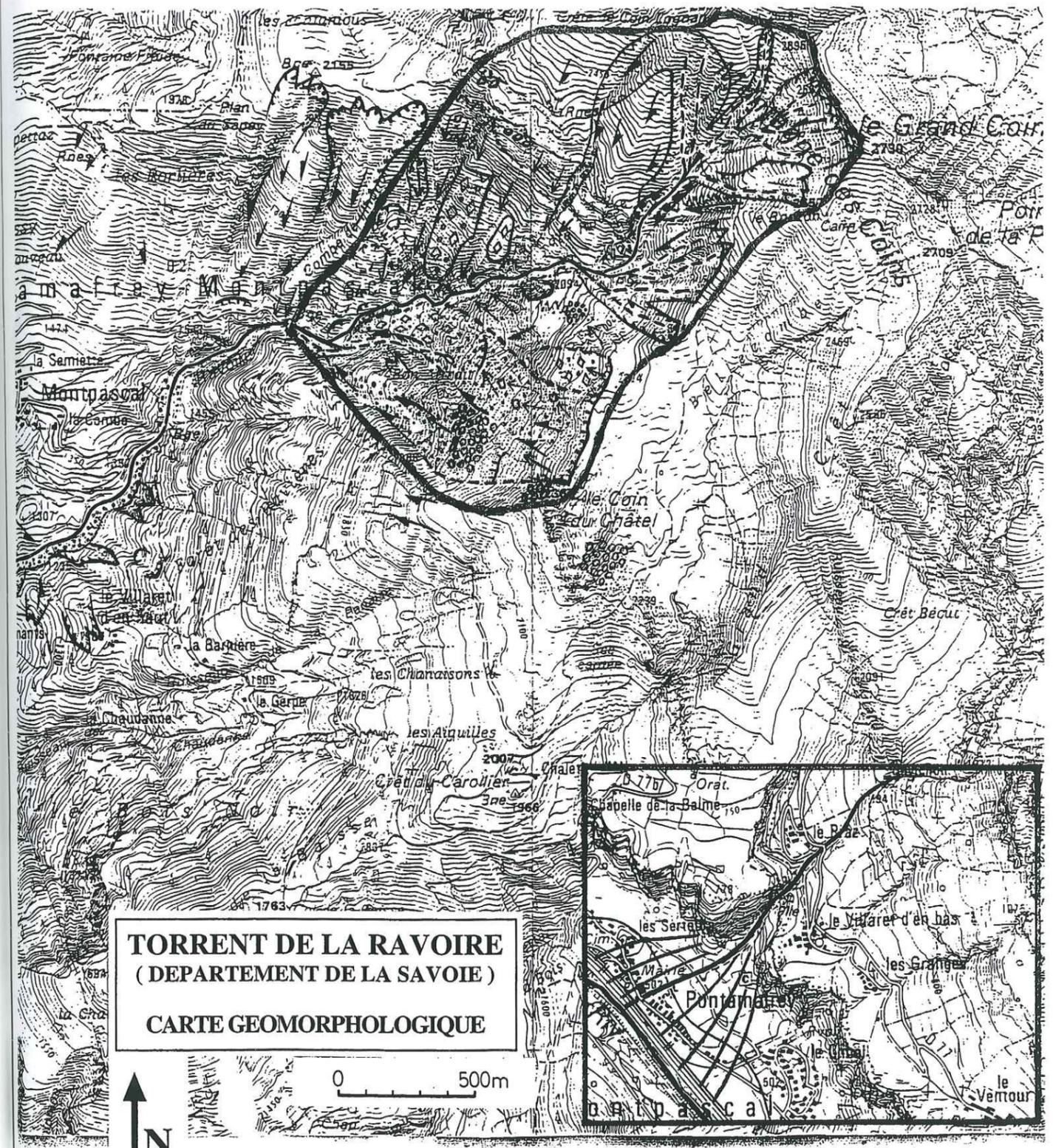
Carte géologique et des formations superficielles

Carte géomorphologique

Carte des pentes

Carte des formations aquifères et non aquifères

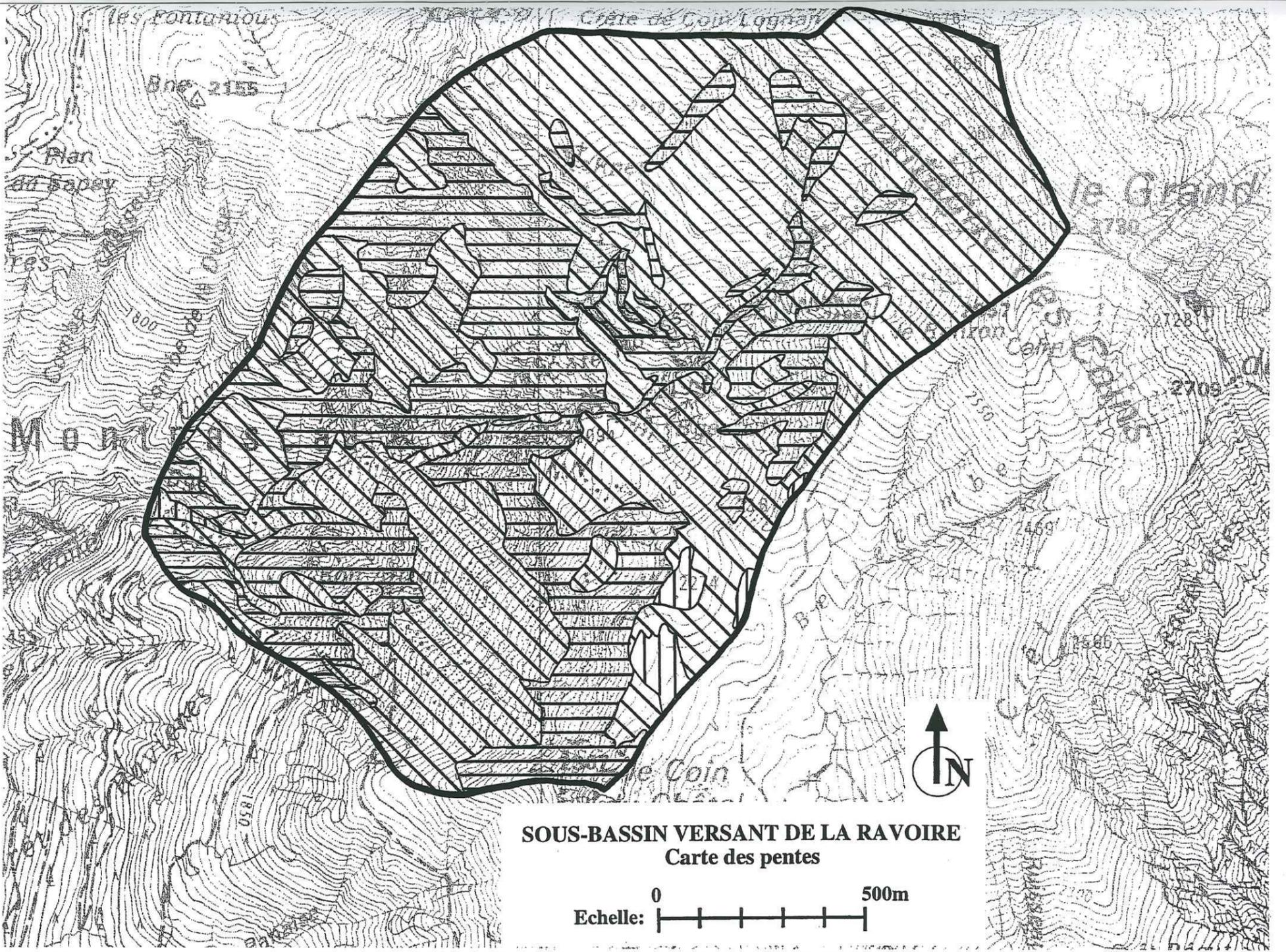




TORRENT DE LA RAVOIRE
(DEPARTEMENT DE LA SAVOIE)
CARTE GEOMORPHOLOGIQUE

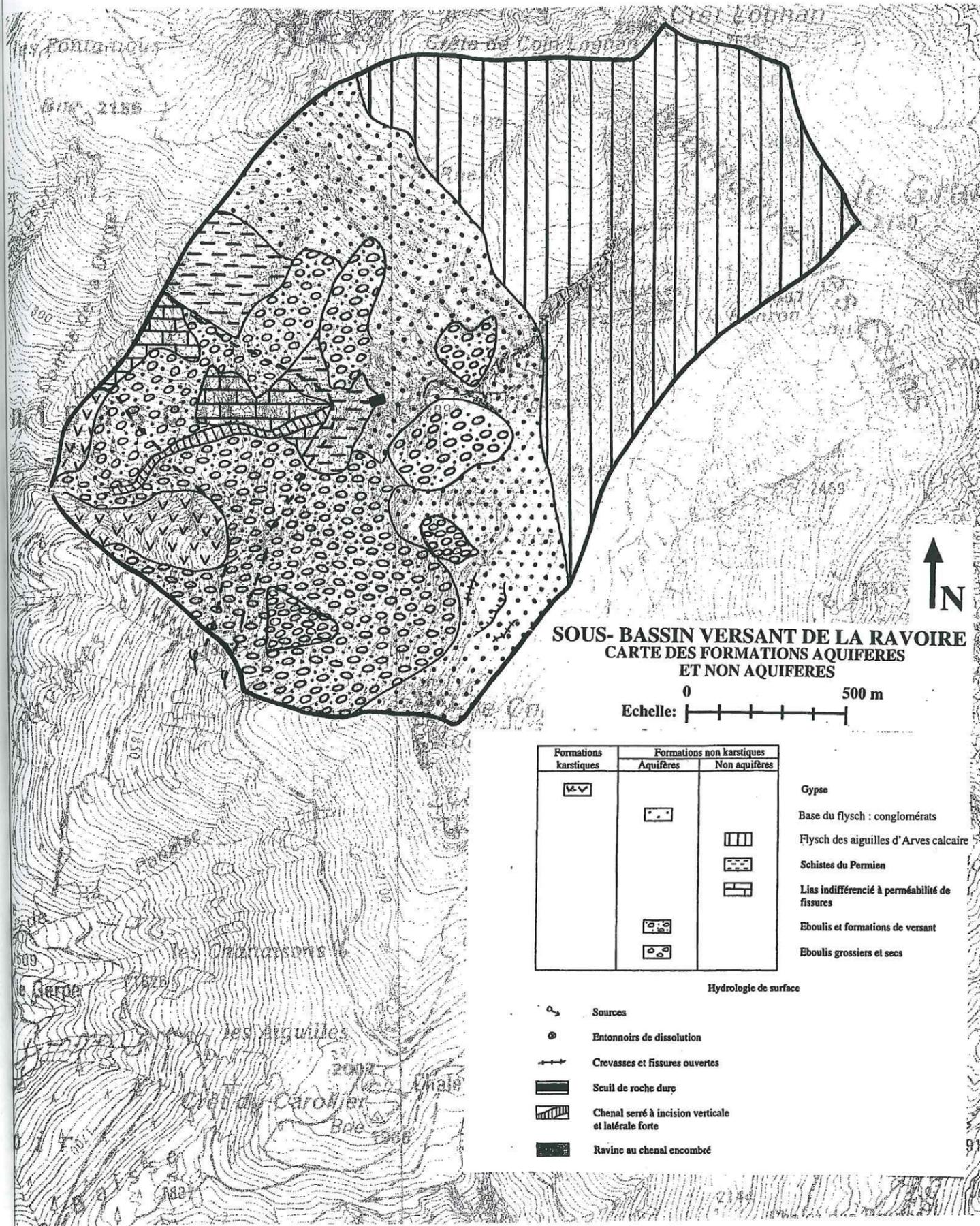


0 500m



SOUS-BASSIN VERSANT DE LA RAVOIRE
Carte des pentes

Echelle: 0 ——— 500m



SOUS- BASSIN VERSANT DE LA RAVOIRE
CARTE DES FORMATIONS AQUIFERES
ET NON AQUIFERES

0 500 m
 Echelle: |-----|-----|-----|-----|-----|

Formations karstiques	Formations non karstiques		
	Aquifères	Non aquifères	
			Gypse
			Base du flysch : conglomérats
			Flysch des aiguilles d'Arves calcaire
			Schistes du Permien
			Lias indifférencié à perméabilité de fissures
			Eboulis et formations de versant
			Eboulis grossiers et secs

- Hydrologie de surface
- Sources
 - Entonniers de dissolution
 - Crevasses et fissures ouvertes
 - Seuil de roche dure
 - Chenal serré à incision verticale et latérale forte
 - Ravine au chenal encombré

Le glissement de Bon Attrait couvre actuellement 30 hectares cadastraux en rive gauche du bassin versant supérieur, entre les altitudes 1600 et 2250. Il s'est produit essentiellement dans l'assise grésoconglomératique très fracturée du flysch nummulitique.

La phase paroxysmale de ce glissement s'est produite durant les mois de mai et juin 1965, mais des traces d'un ancien glissement étaient visibles bien avant cette date (dès les années 1920-1930). L'occurrence de ce glissement n'est donc pas un phénomène brutal, même si l'année 1965 correspond à une accélération du mouvement et à une aggravation de la situation du versant.

1) Contexte climatique du glissement

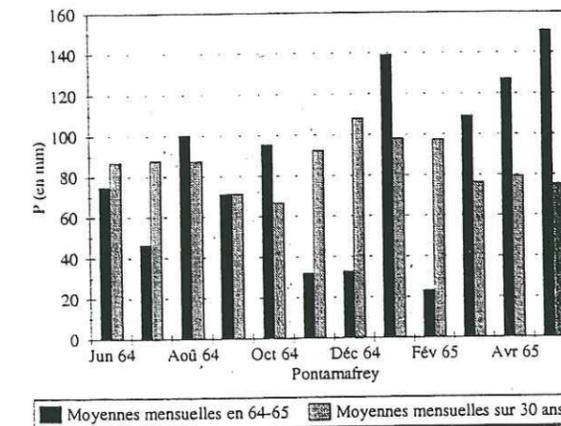


Figure 1 : comparaison entre les précipitations moyennes mensuelles et les précipitations de Juin 1964 à Mai 1965

Le volume pluviométrique annuel enregistré en 1965 correspond à la valeur maximale sur 30 ans (période 1951-1980). Les précipitations mensuelles reçues en Mai, Novembre et Décembre atteignirent des valeurs record jamais obtenues durant cette même période.

Pourtant, l'année 1964 fut relativement sèche (figure 1), avec des précipitations d'automne et d'hiver inférieures à la moyenne. Il semble donc bien que la conjugaison de la fonte des neiges (même si le stock n'était pas des plus volumineux) et de pluies importantes en début d'année 1965, qui surviennent après de courtes périodes de relative sécheresse, soient à l'origine de la déstabilisation de ce glissement par augmentation des pressions interstitielles dans les éboulis déjà accumulés dans le versant.

2) Mécanisme du glissement

Il s'est développé dans la masse de flysch schisto-gréseux très fracturé et perméable qui forme la partie supérieure du versant oriental. Le glissement s'est déroulé en deux phases principales, qui ont été suivies de phases ultérieures visant à rétablir un état d'équilibre au nouveau profil (de nouveaux éboulements en masse en 1977 ont entraîné la formation de laves torrentielles).

Le 1er Mai 1965, un « petit » glissement s'est déclenché à 2000 mètres, à la base de la formation de flysch, dans un niveau d'éboulis saturé par l'intense fonte des neiges.

Ultérieurement (juin 1965), la phase principale du « glissement » s'est déroulée à 2200 mètres et représente un éboulement majeur qui a affecté le rocher fracturé, et qui fait suite à un tassement du versant par suite de dissolution et effondrement de la masse de gypse (figure III-2-2b). La seconde

rupture en juin 1965 représente un volume de matériaux déstabilisés beaucoup plus important (épaisseur moyenne de 50-60 m sur une surface de 30 hectares).

En effet, le pendage des différentes formations est plutôt favorable, et le phénomène observé ressemble plus à l'éboulement de formations rocheuses solides. L'observation de l'éperon gypseux situé au pied du glissement montre des exutoires perchés, au pied desquels s'étalent des altérites gypseuses peu cohérentes. Si aucun écoulement n'a été observé durant la durée de nos missions, ce trait morphologique incite à penser qu'il se trouve une masse d'anhydrite sous le gypse, qui, étant moins soluble que celui-ci, favorise le développement de réseaux latéraux au toit de l'anhydrite et par suite accélère la dissolution du gypse.

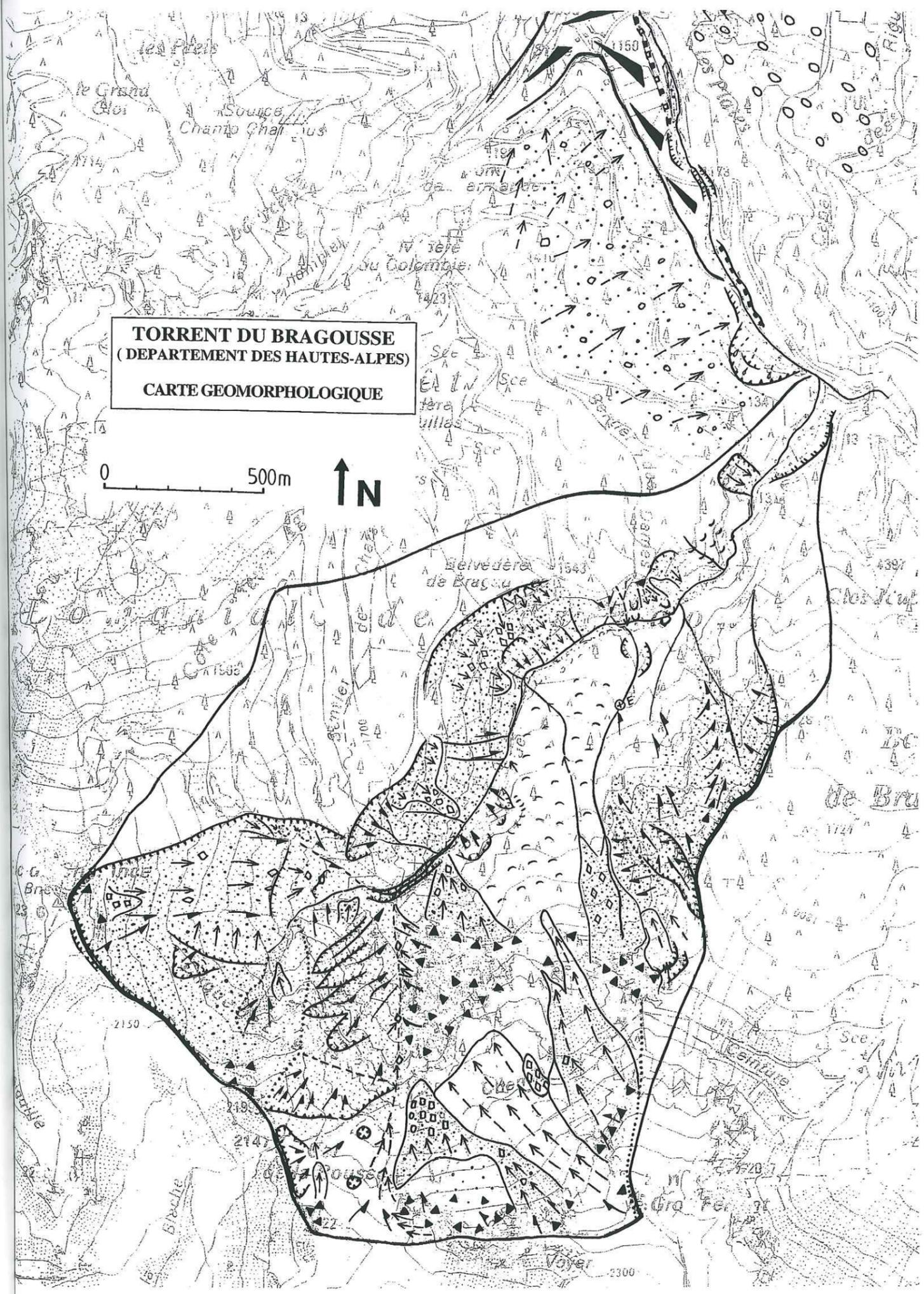
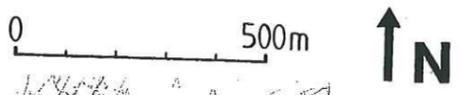
Ce glissement a provoqué la libération de plusieurs millions de m³ de matériaux qui se sont accumulés au pied du versant, entraînant notamment la formation d'un barrage naturel dans le lit de la Ravoire. On estime à environ 50 mètres l'épaisseur d'éboulis déplacés par le mouvement, mais la masse déstabilisée a une épaisseur approchant la centaine de mètres.

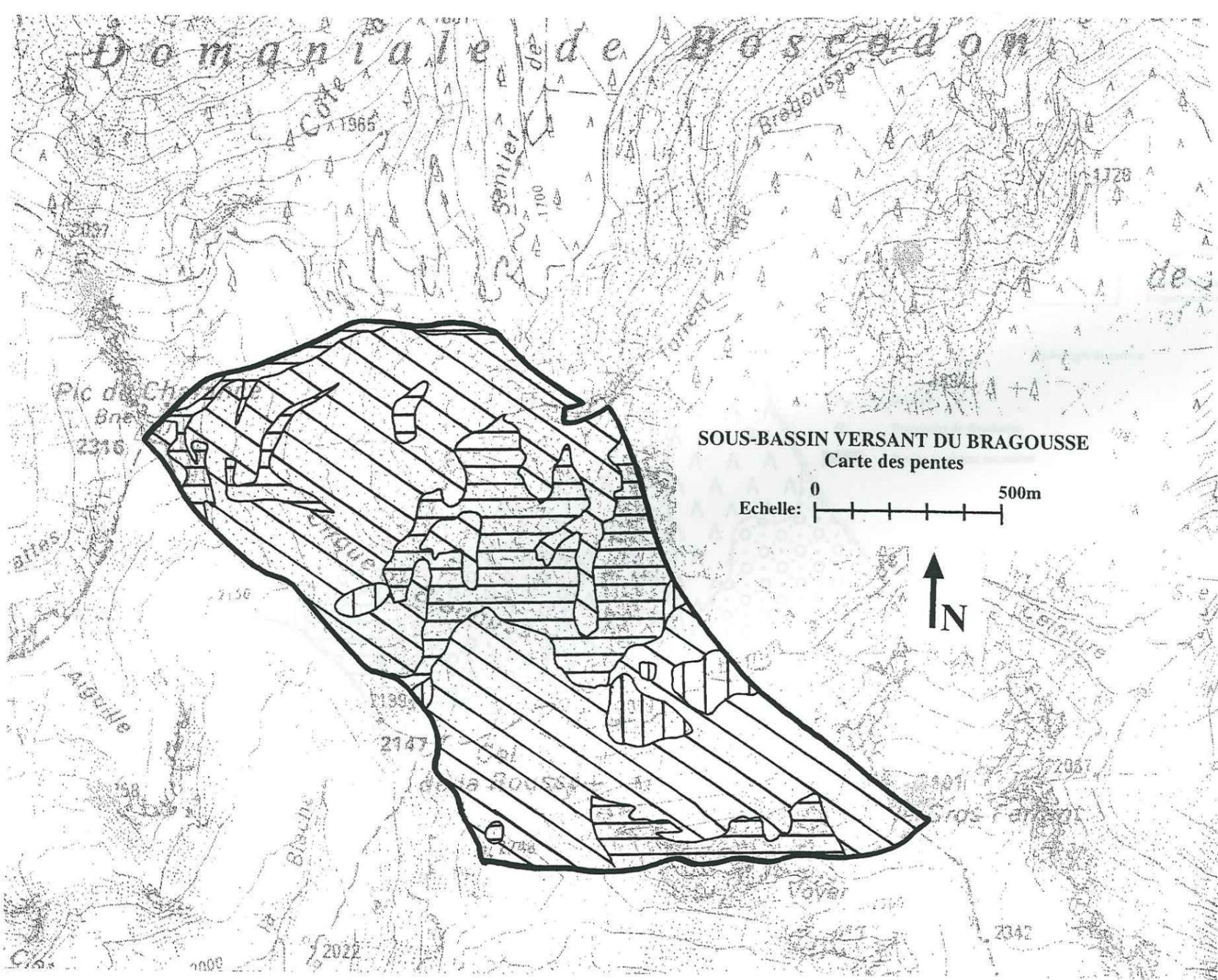
ANNEXE IV-2-C : Cartes du sous-bassin versant hydrologique du Bragousse

limité au débouché des gorges du gypse
(torrent du Boscodon, Hautes-Alpes)

Carte géomorphologique
Carte des pentes
Carte des formations aquifères et non aquifères

TORRENT DU BRAGOUSSE
(DEPARTEMENT DES HAUTES-ALPES)
CARTE GEOMORPHOLOGIQUE



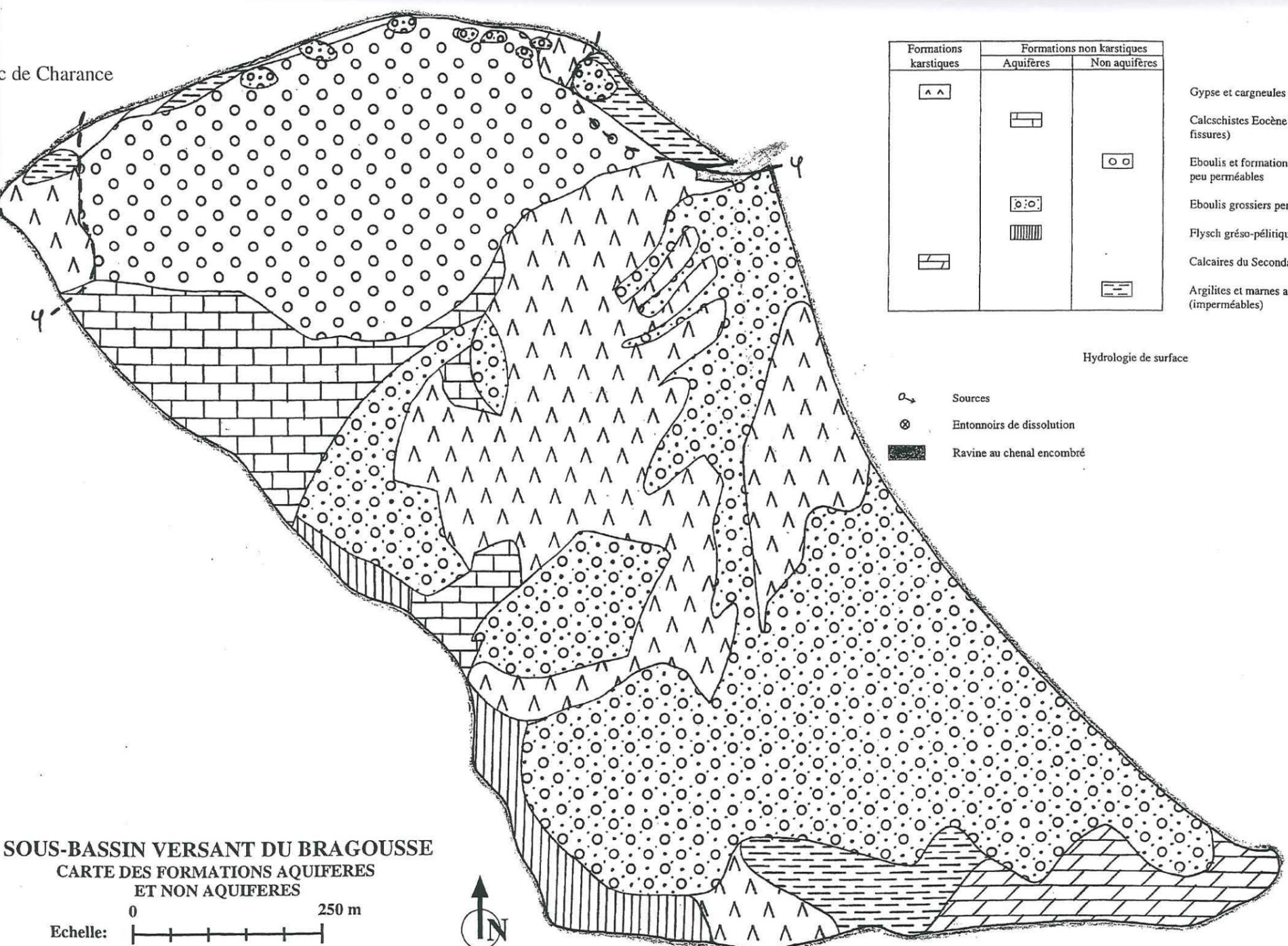


SOUS-BASSIN VERSANT DU BRAGOUSSE
Carte des pentes

Echelle: 0 500m



c de Charance



Formations karstiques	Formations non karstiques	
	Aquifères	Non aquifères

- Gypse et cargneules
- Calcschistes Eocène (perméabilité de fissures)
- Eboulis et formations de versant peu perméables
- Eboulis grossiers perméables
- Flysch gréséo-pélimitique
- Calcaires du Secondaire
- Argilites et marnes altérées (imperméables)

Hydrologie de surface

- Sources
- Entonnoirs de dissolution
- Ravine au chenal encombré

SOUS-BASSIN VERSANT DU BRAGOUSSE
CARTE DES FORMATIONS AQUIFERES
ET NON AQUIFERES

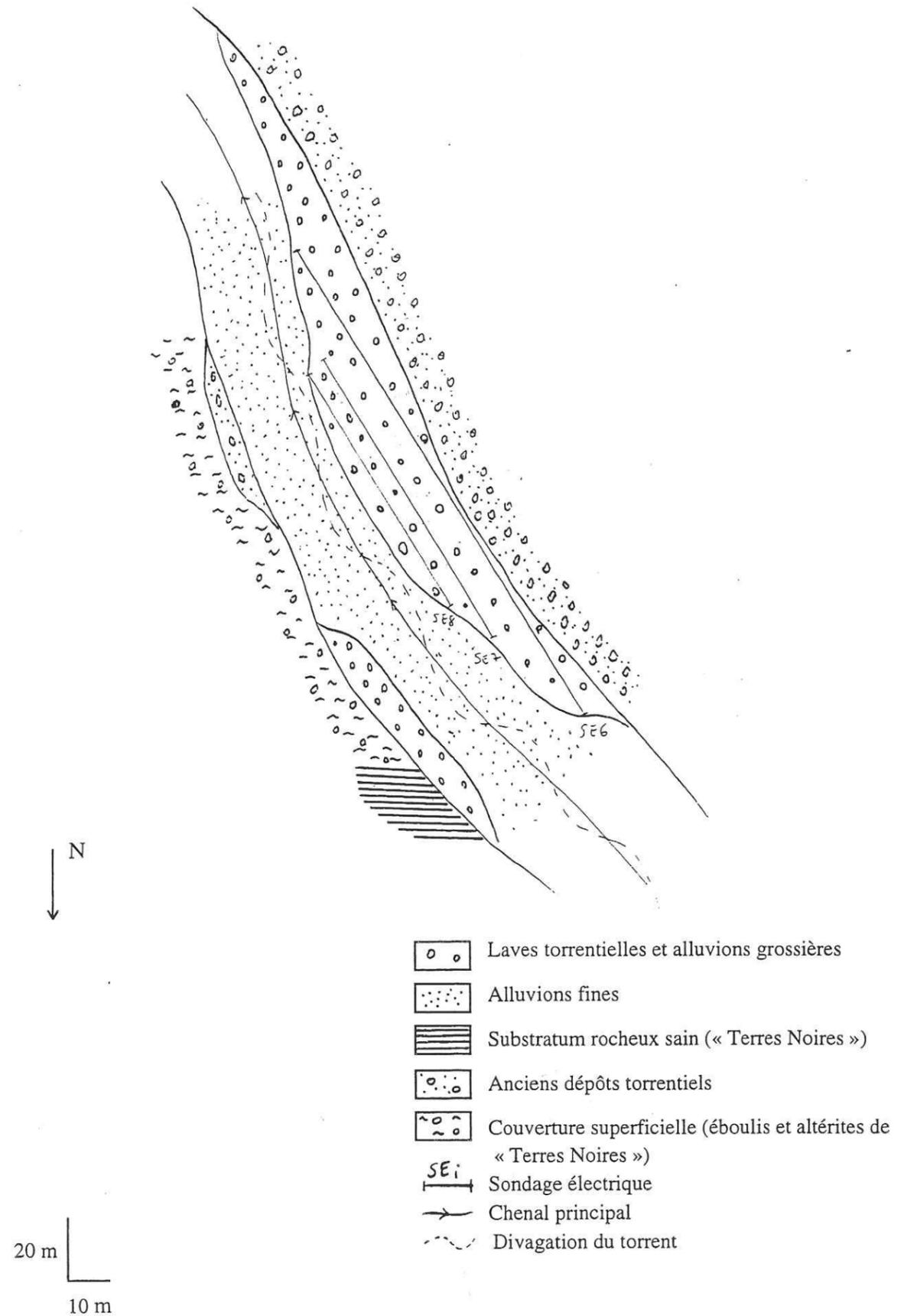
Echelle: 0 250 m



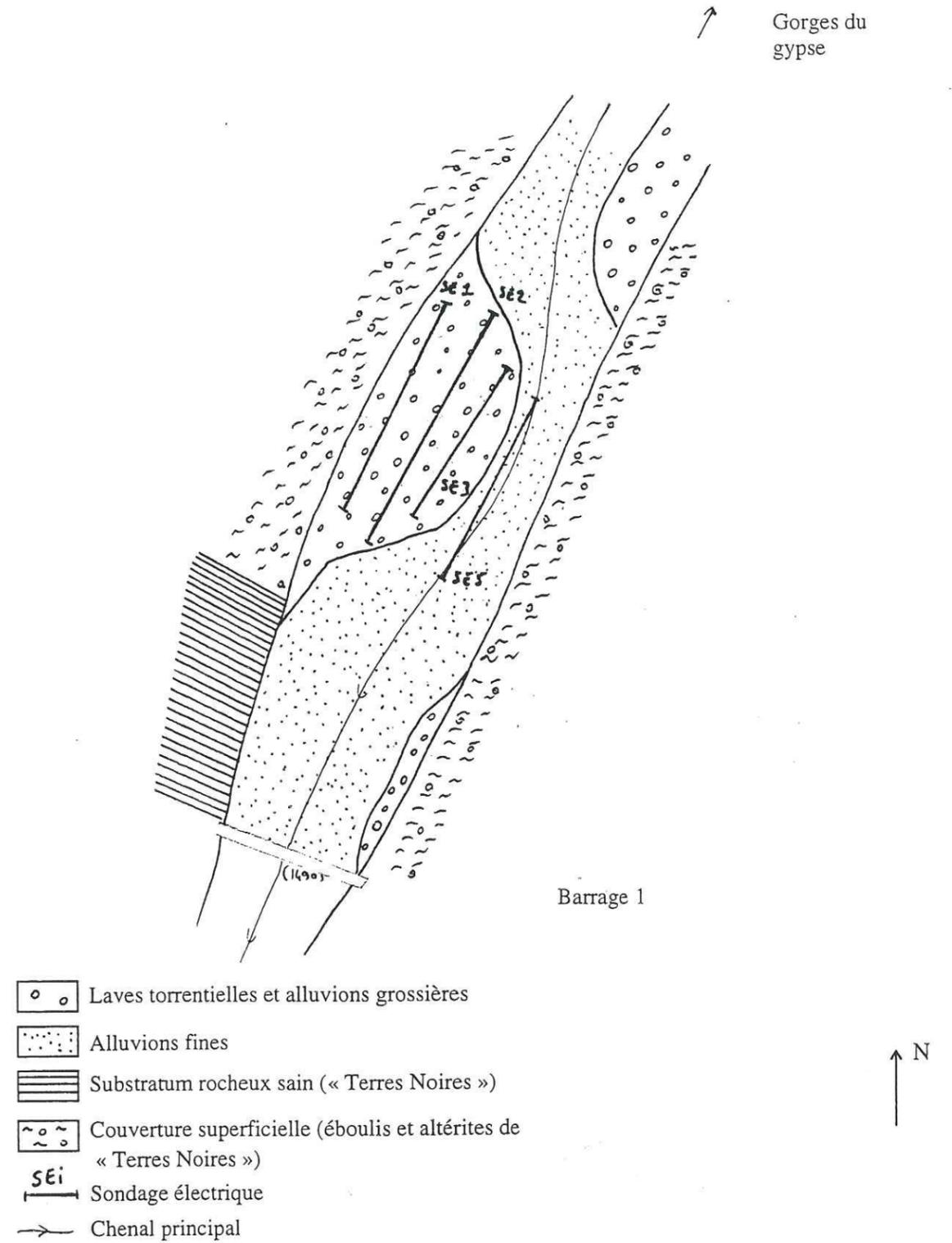
ANNEXE IV-2-D : Prospection géophysique dans le torrent du Bragousse

Localisation des sondages de prospection électrique
Courbes de résistivité et interprétation des sondages

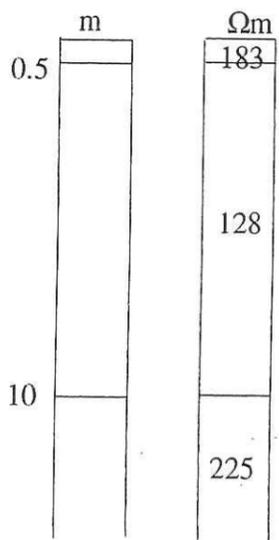
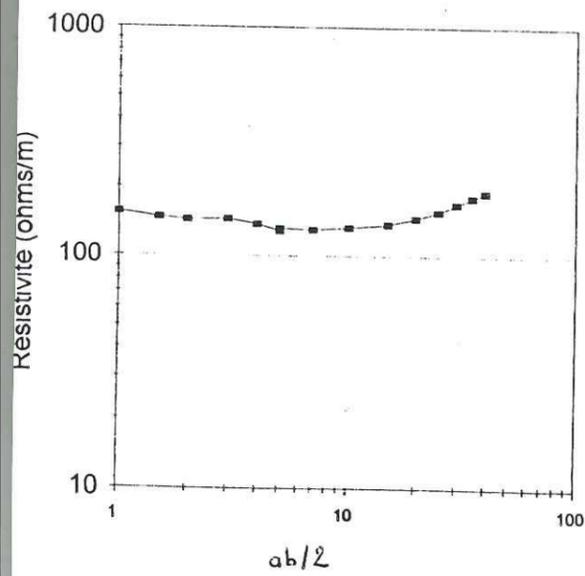
Localisation géographique des sondages électriques - Torrent du Bragousse (alt 1210)
Chenal inférieur, entre les barrages 4 et 5



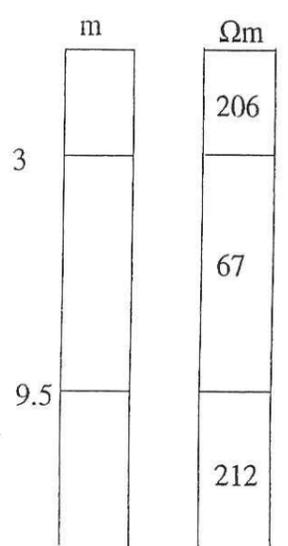
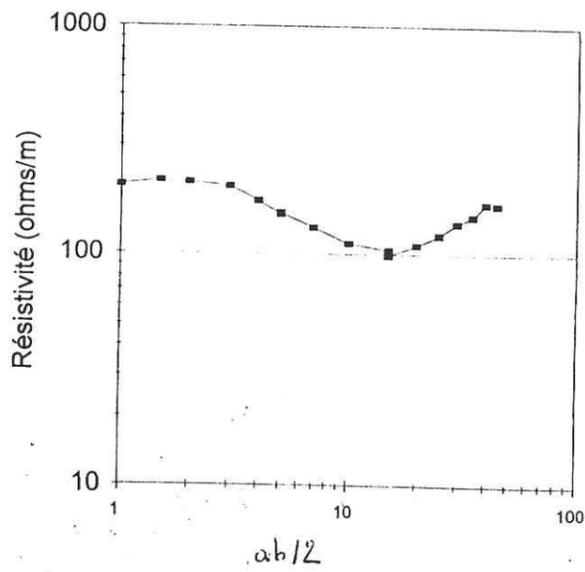
Localisation géographique des sondages électriques - Torrent du Bragousse (alt 1510)
Chenal supérieur, au débouché des gorges du gypse



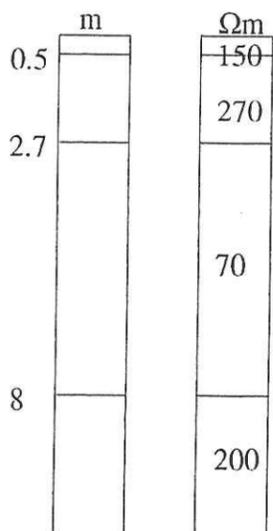
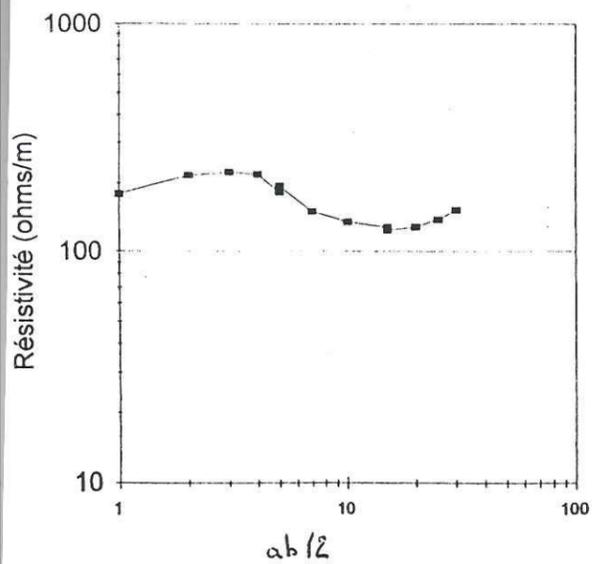
Sondage électrique n°1



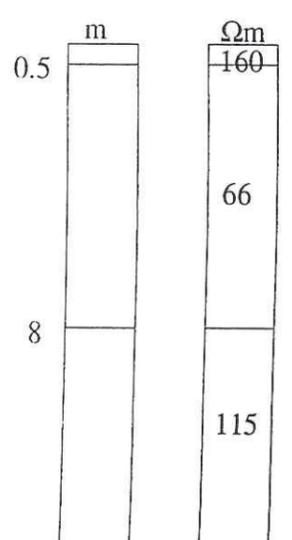
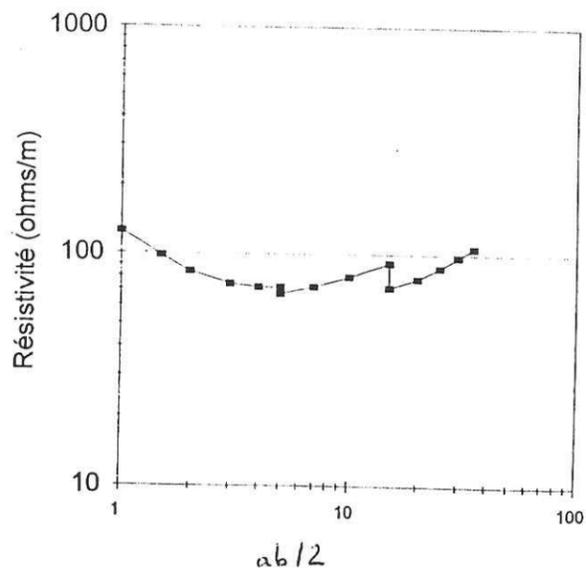
Sondage électrique n°2



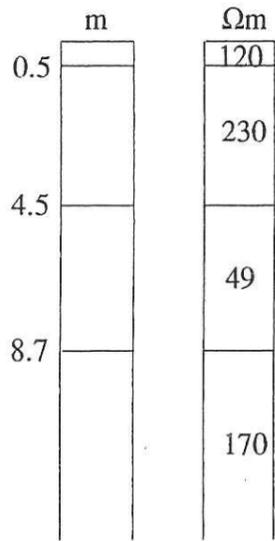
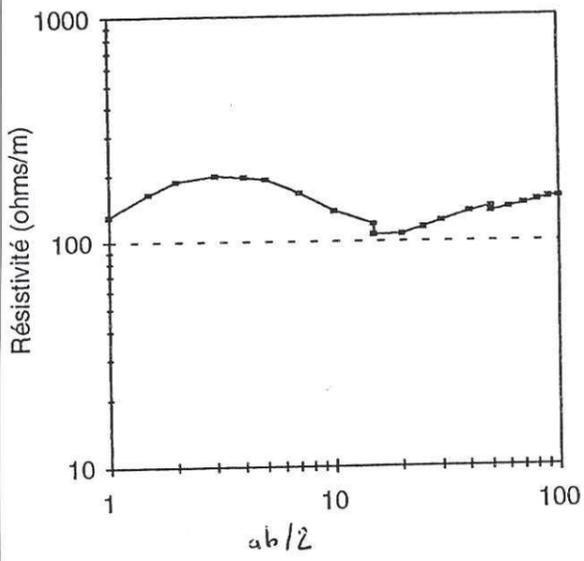
Sondage électrique n°3



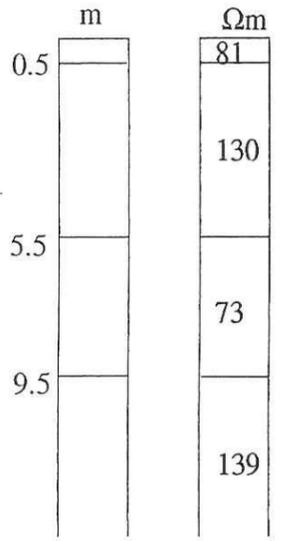
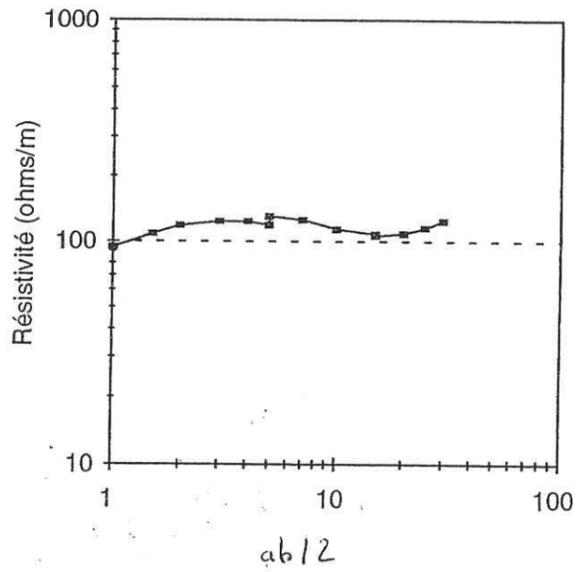
Sondage électrique n°5



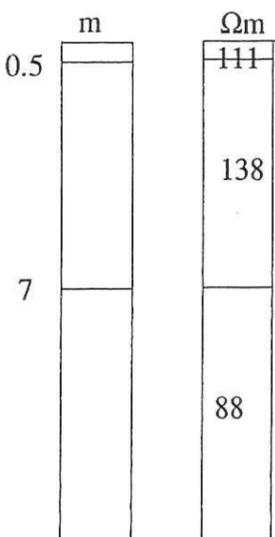
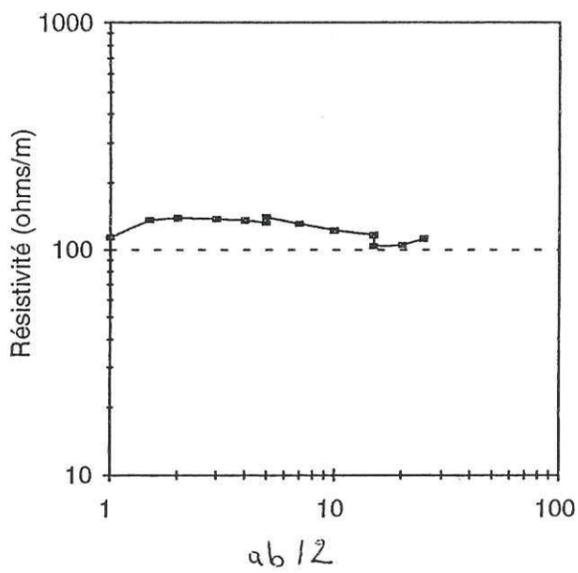
Sondage électrique n°6



Sondage électrique n°7

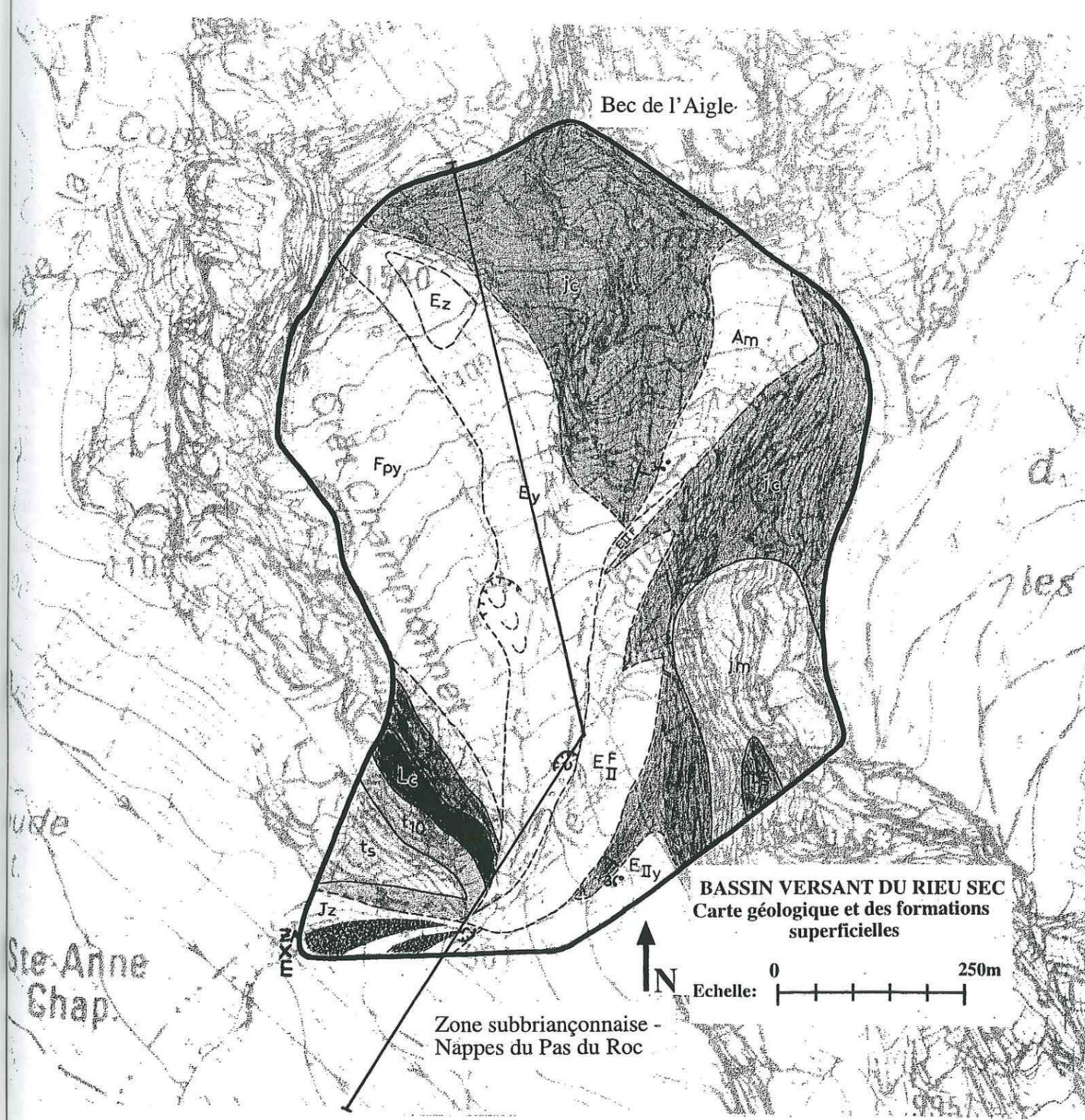


Sondage électrique n°8



ANNEXE IV-2-E : Cartes du bassin versant du Rieu Sec

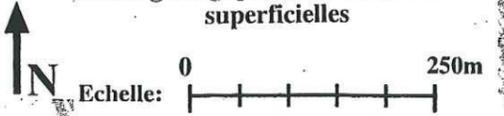
Carte géologique et des formations superficielles
Carte géomorphologique
Carte des pentes
Coupe géologique et contexte hydrogéologique



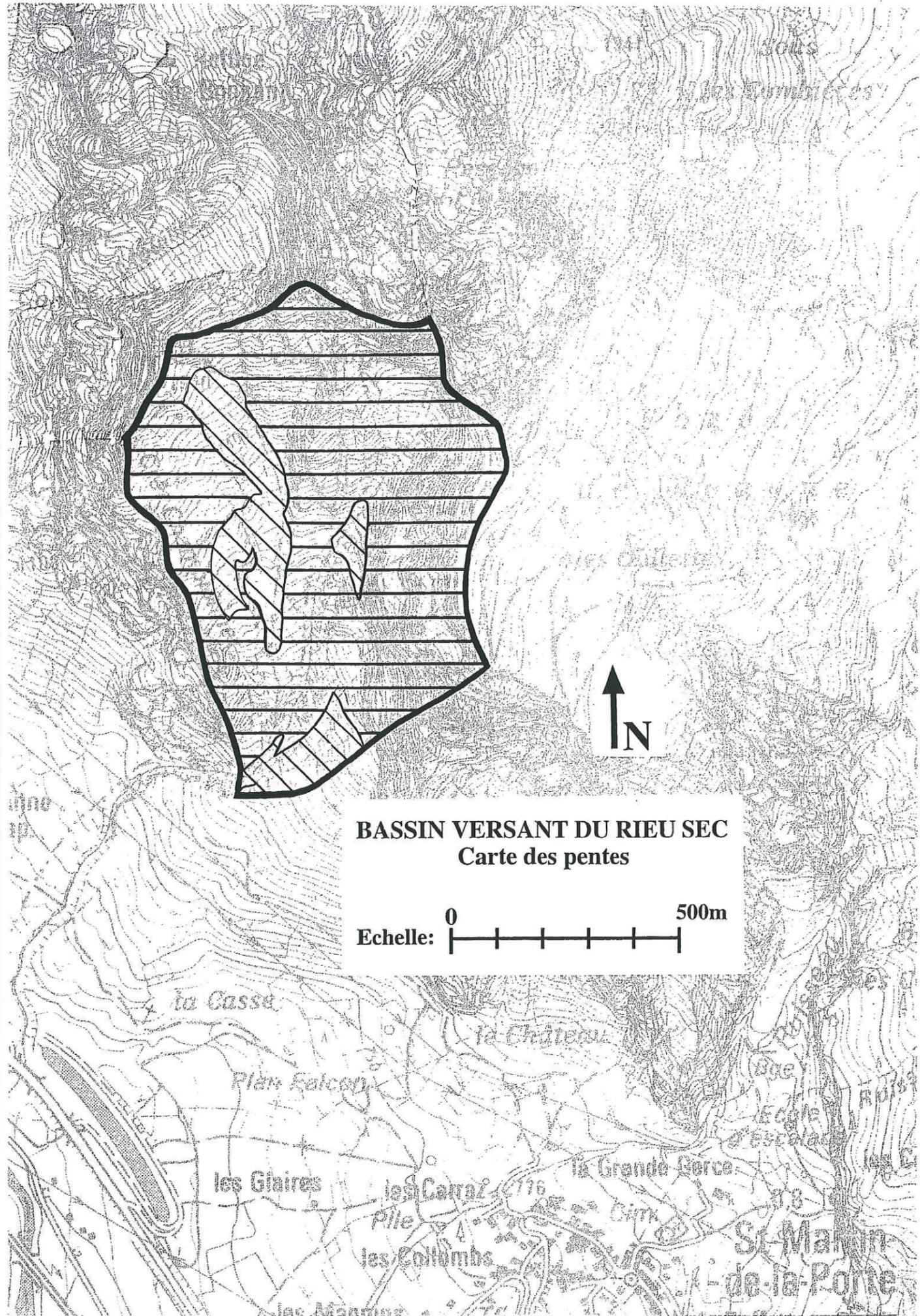
Bec de l'Aigle

Zone subbriançonnaise -
Nappes du Pas du Roc

BASSIN VERSANT DU RIEU SEC
Carte géologique et des formations
superficielles

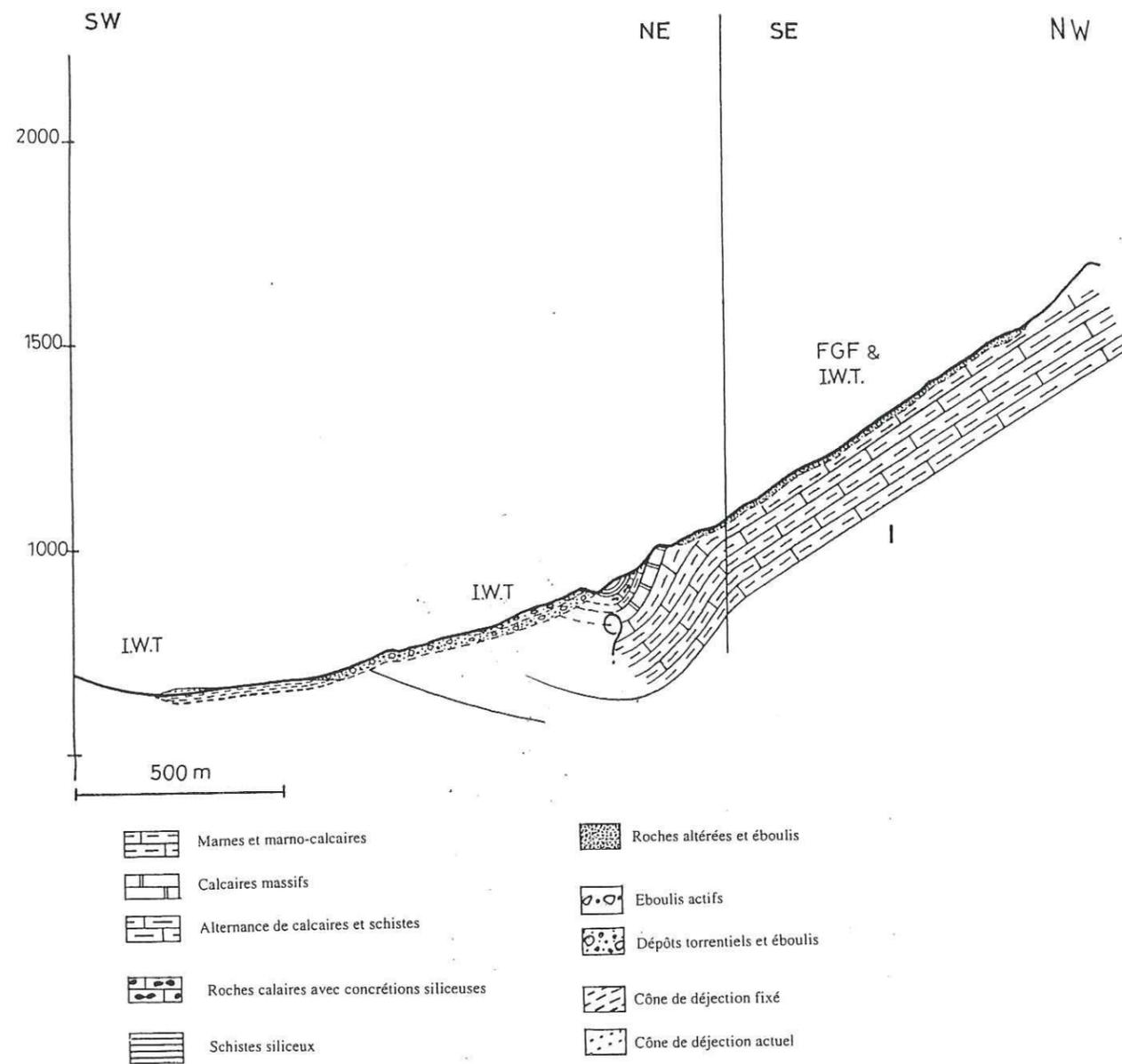


Ste Anne
Chap.



BASSIN VERSANT DU RIEU SEC
Carte des pentes

Echelle: 0 500m

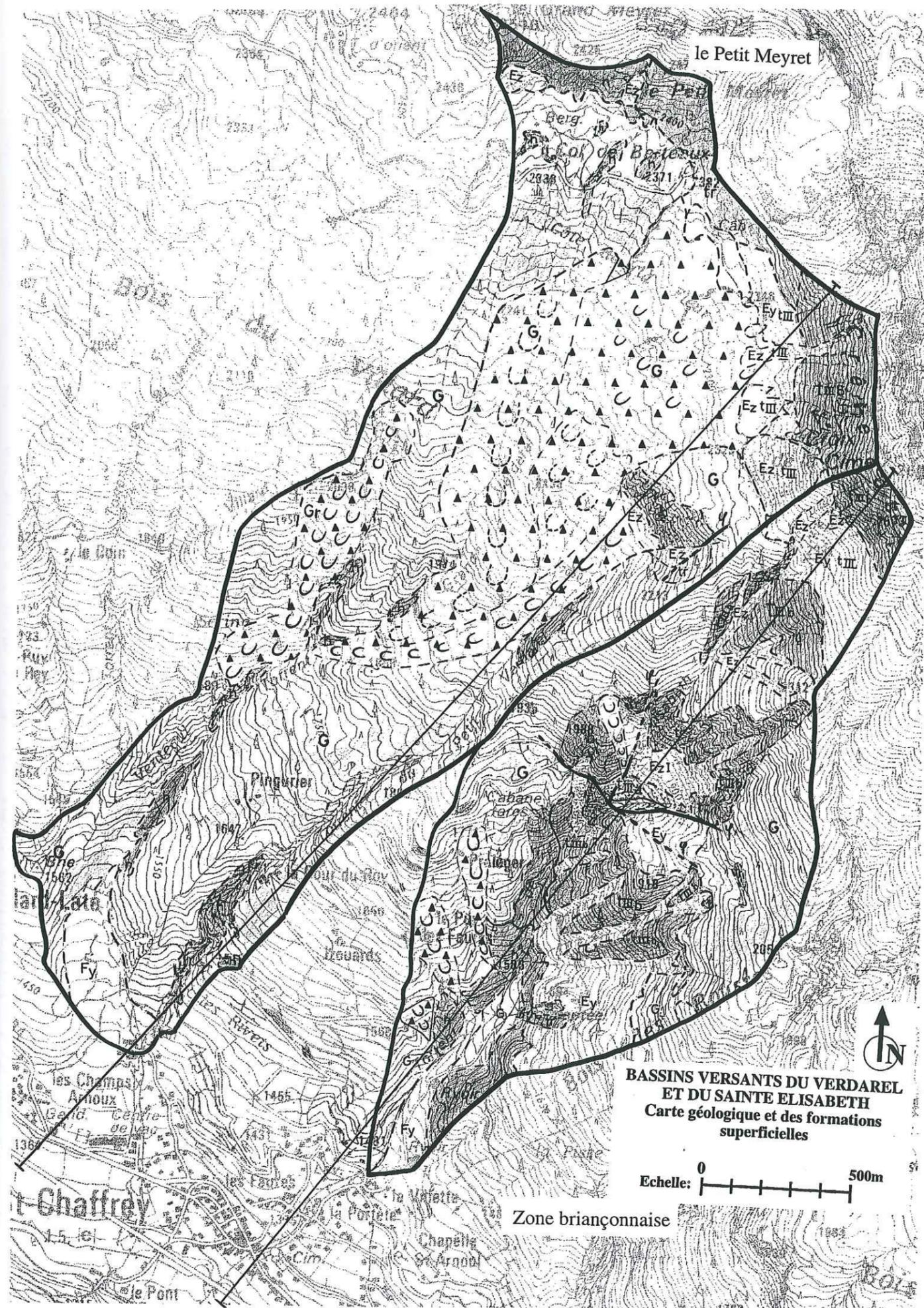


Coupe géologique et contexte hydrogéologique

- ♂ Source
- FWT Nappe de fissures
- IWT Nappe d'imprégnation
- FGF Ecoulement rapide
- I « Imperméable »
- Circulations d'eau

ANNEXE IV-2-F : Cartes des bassins versants du Verdarel et du Sainte Elisabeth

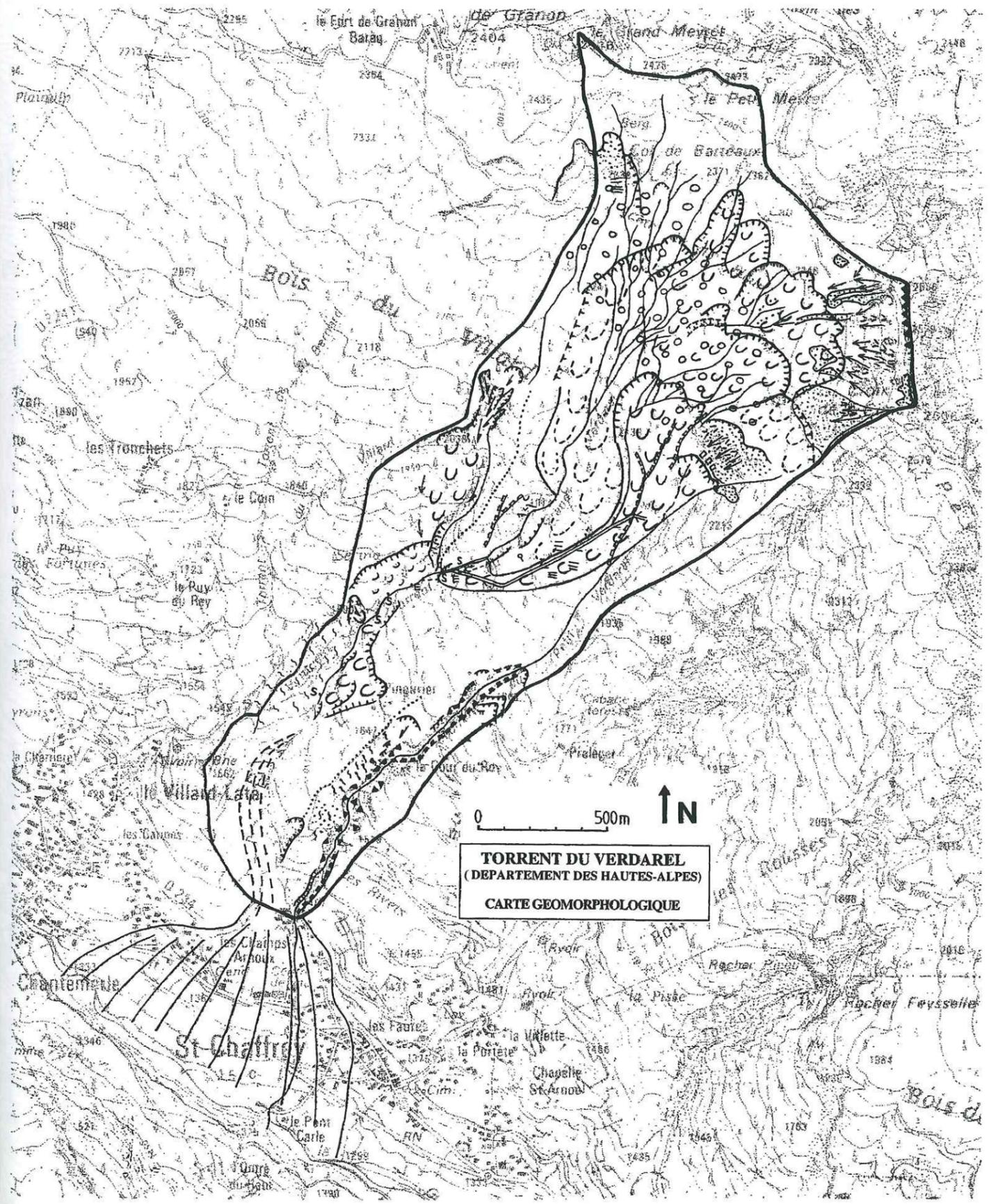
Carte géologique et des formations superficielles
Cartes géomorphologiques
Carte des pentes
Carte des formations aquifères et non aquifères



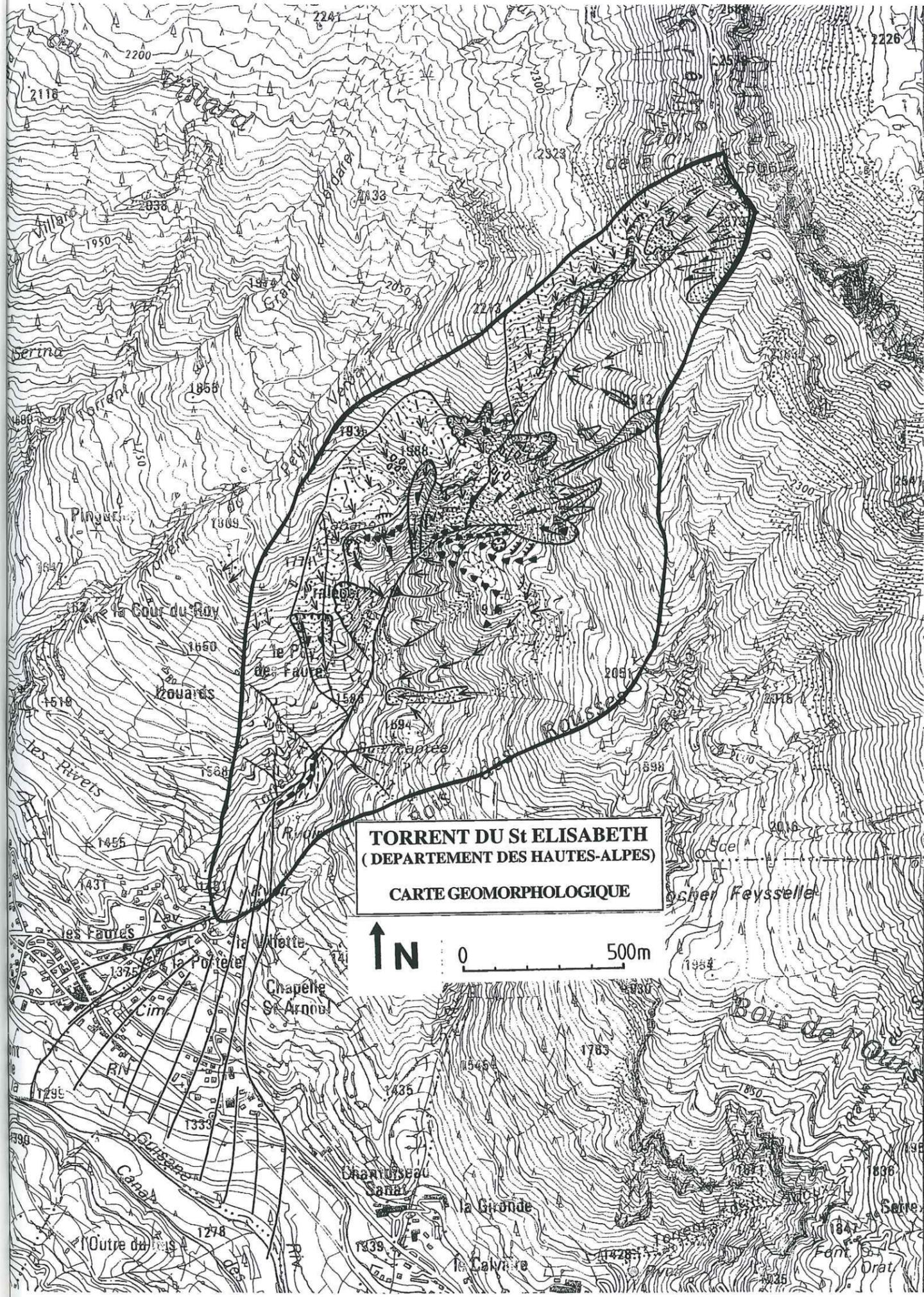
**BASSINS VERSANTS DU VERDAREL
ET DU SAINTE ELISABETH**
Carte géologique et des formations
superficielles

Echelle: 0 500m

Zone Briançonnaise

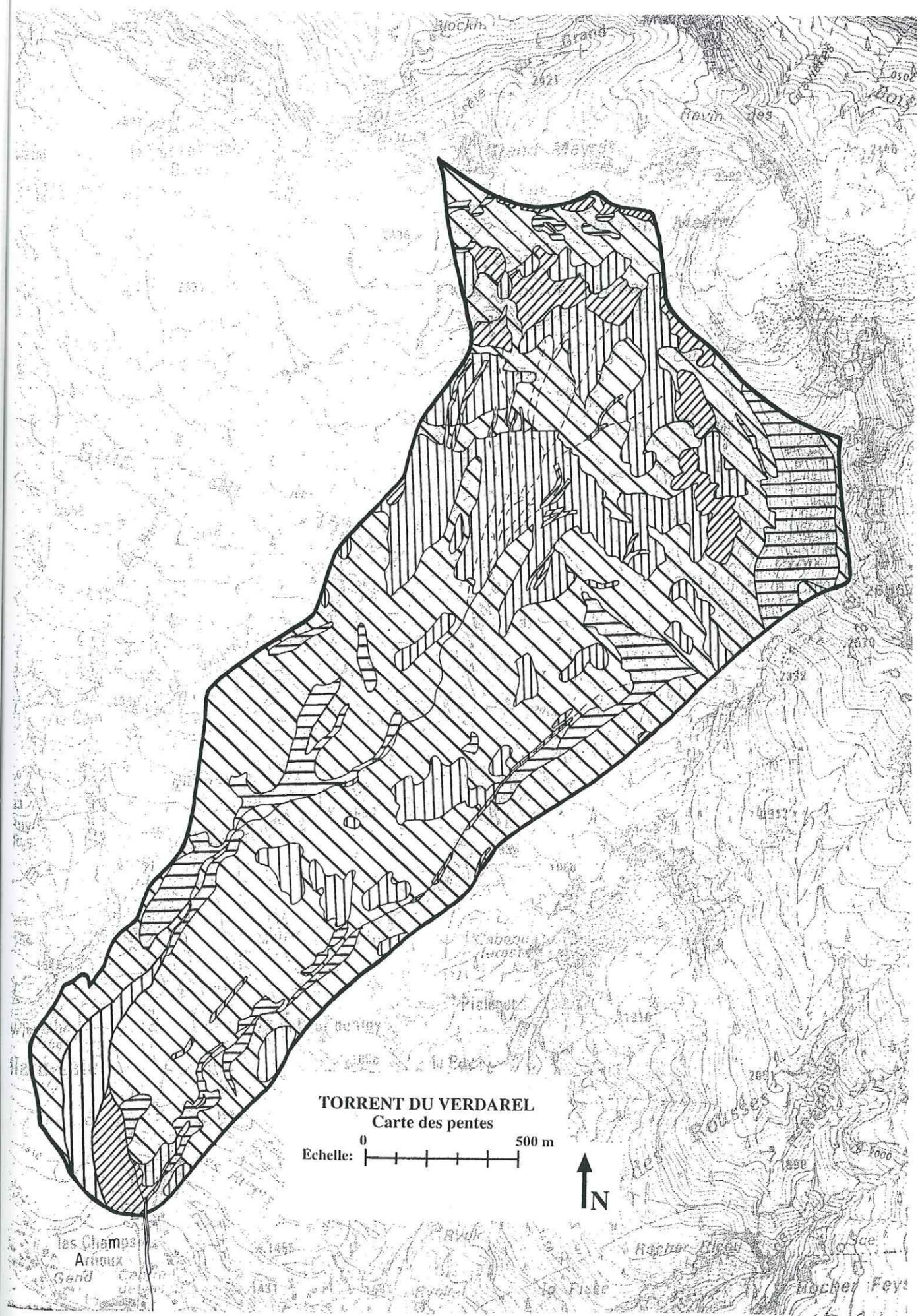


TORRENT DU VERDAREL
 (DEPARTEMENT DES HAUTES-ALPES)
 CARTE GEOMORPHOLOGIQUE



TORRENT DU St ELISABETH
(DEPARTEMENT DES HAUTES-ALPES)
CARTE GEOMORPHOLOGIQUE

↑ N 0 500m



TORRENT DU VERDAREL
Carte des pentes

Echelle: 0 500 m



les Champ
Arroux
Gend

Roche
Roche Fey

Carte des formations aquifères et non aquifères des bassins versants du Verdarel et du Sainte Elisabeth

Formations karstiques	Formations non karstiques	
	Aquifères	Non aquifères
^ ^		□
	≡	
	. . .	
	o o	

Gypse et dolomies

Terrains de couverture sédimentaire imperméables (houiller, rhétien, werfénien inférieur)

Terrains de couverture sédimentaire à perméabilité de fissures (calcaréo-dolomitique)

Eboulis et formations de versant et dépôts torrentiels

Moraines

Hydrologie de surface

- ⊙ Sources
- ⊗ Entonnoirs de dissolution
- ⋈ Zones marécageuses et tourbières
- Seuil de roche dure
- ▨ Chenal serré à incision latérale forte

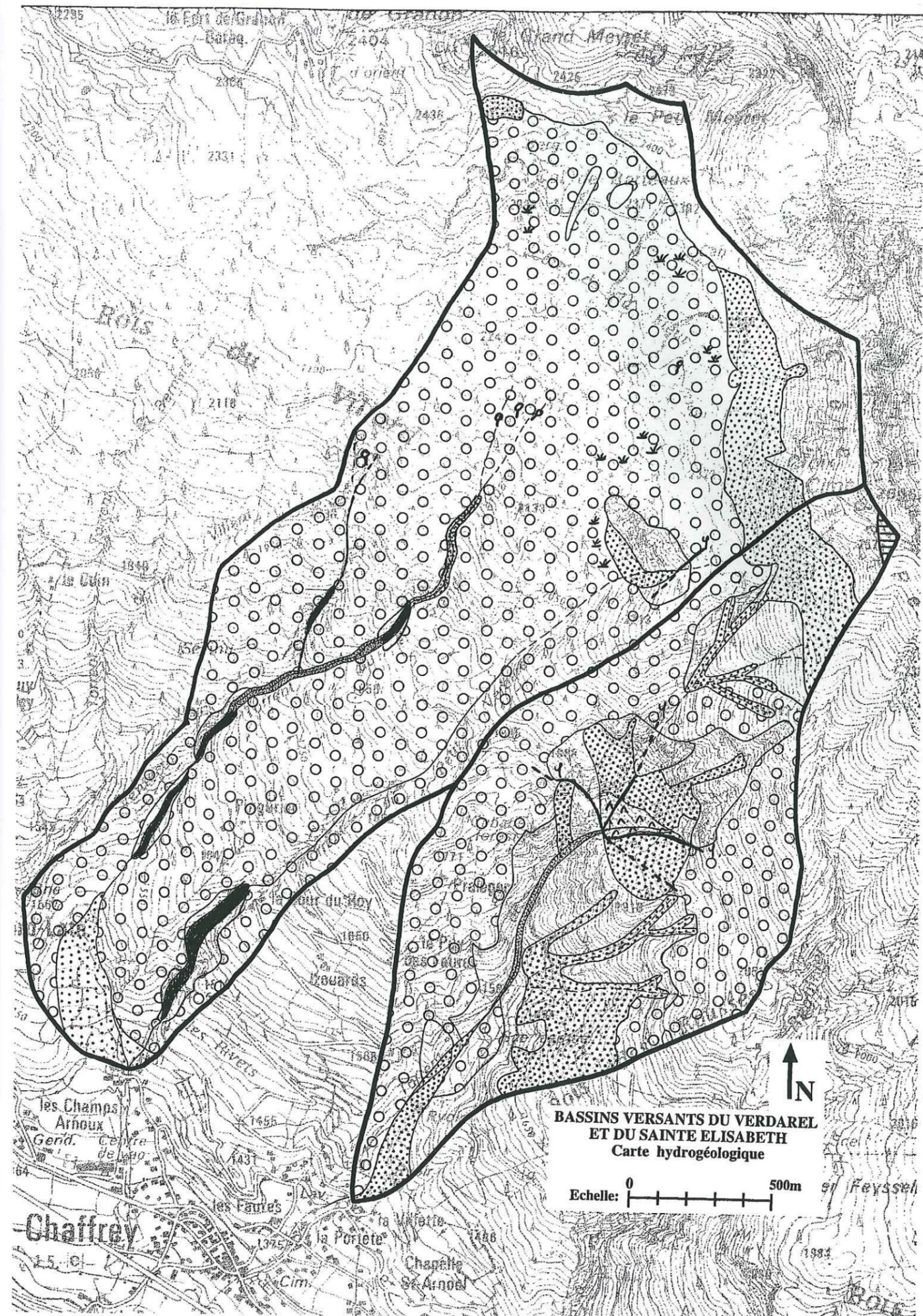




Photo IV-2-1 : zone marécageuse et tourbe érodée



Photo IV-2-2 : coupe dans les formations morainiques après érosion hydrique

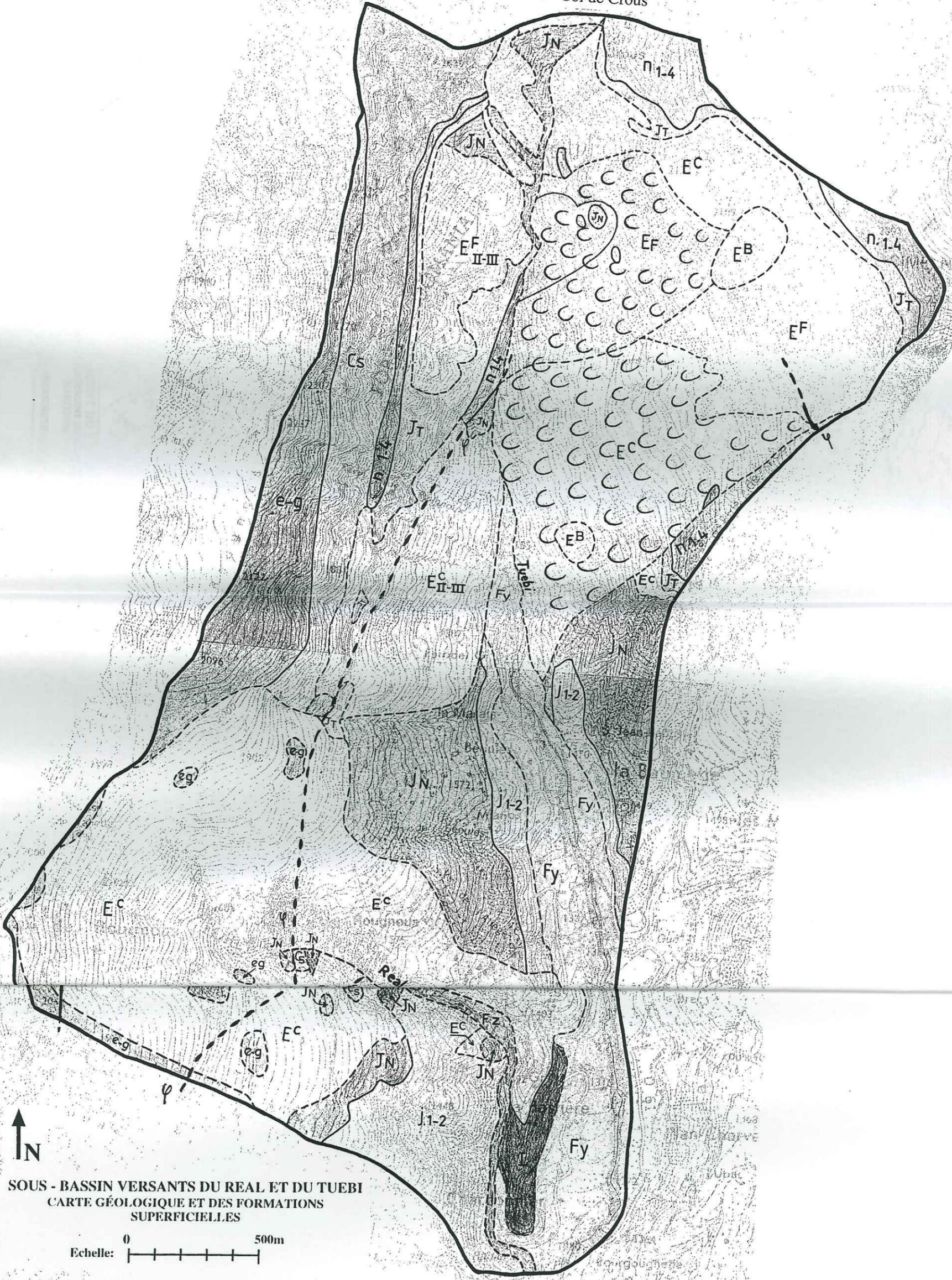


Photo IV-2-3 : formation d'une ravine et déstabilisation des berges à la suite de l'incision par érosion hydrique

Annexe IV-2-H : bassin versant du Tuebi et du Real

Carte géologique et des formations superficielles
Carte géomorphologique

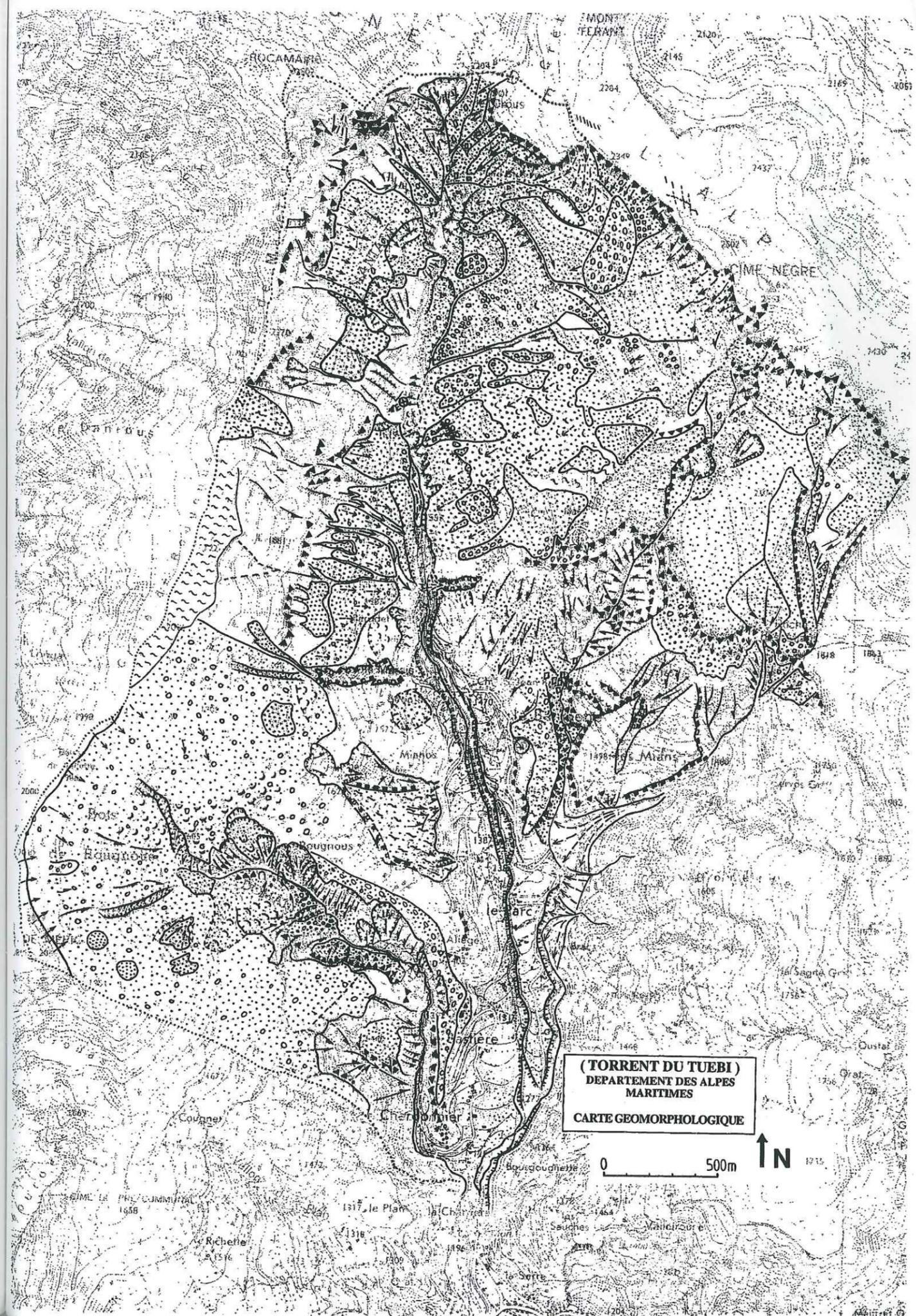
Col de Crous



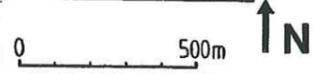
SOUS - BASSIN VERSANTS DU REAL ET DU TUEBI
CARTE GÉOLOGIQUE ET DES FORMATIONS
SUPERFICIELLES

Echelle: 0 500m

Couverture sédimentaire du massif de l'Argentera



(TORRENT DU TUEBI)
DEPARTEMENT DES ALPES
MARITIMES
CARTE GEOMORPHOLOGIQUE



1) Conditions du calcul

Des essais de cisaillement à la boîte (chapitre 3, paragraphe 2.5) ont été réalisés sur un échantillon remanié prélevé en bordure Sud des produits d'éroulement du pic (B2(95), annexe III-3), qui ont conduit aux paramètres mécaniques résiduels suivants :

cohésion = 19 kPa,

angle de frottement = 48°.

Compte tenu des observations faites précédemment concernant la stabilité de cette masse directement déduite des observations de terrain (chapitre 4), ces valeurs sont surestimées et ne peuvent être appliquées pour calculer la stabilité du versant. Il faut certainement chercher l'origine de cette surestimation des paramètres dans le processus d'essai au laboratoire, qui ne peut convenir pour un matériau granulaire faiblement argileux pour lequel la compacité a une très forte influence sur l'angle de frottement interne.

Nous avons donc utilisé une méthode de substitution semi-empirique pour estimer les paramètres mécaniques de ce matériau prenant en compte la forme de la courbe granulométrique, la taille des grains, la forme et la rugosité des grains, ainsi que la compacité du matériau in-situ (tableau présenté au 2e congrès international à Rotterdam, dans Costet et Sanglerat, 1981, p.214). Les nouveaux paramètres mécaniques sont :

cohésion = 0 kPa,

angle de frottement interne = 36°.

Le poids volumique saturé, obtenu sur la matrice du matériau (tableau 1) a été modifié en prenant un rapport éléments grossiers (taille supérieure à 20 mm)/matrice égal à 10%.

Tableau 1 : caractéristiques intrinsèques du matériau

	γ_d (kN/m ³)	γ_h (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	Wsat (%)
B2(95)	20	22.5	23	13

Les conditions naturelles du versant nous imposent pour les calculs une pente moyenne de 30°, et une épaisseur maximale moyenne d'éboulis de 10 mètres.

2) Résultats du calcul

Même dans des conditions sèches, le facteur de sécurité rend compte de mouvements possibles à la surface de ces éboulis (tableau 2). En cas de saturation des éboulis, les surfaces 1 et 3, définies au chapitre 5, deviennent instables.

Nous avons également estimé la stabilité du versant en présence d'une nappe à l'altitude 1860 (localisation au chapitre 5, figure 5-2). La stabilité de la surface 2 reste inchangée en présence de nappe en pied de versant, car elle se situe au-dessus du niveau de la nappe.

La présence d'une nappe en pied de ce versant, susceptible d'imbiber les éboulis et qui serait liée à la perméabilité de fissures des calcschistes datés de l'Eocène, a peu d'influence sur les facteurs de sécurité des différentes surfaces (tableau 3).

Ces résultats montrent que les différentes ruptures, plus particulièrement celles situées en pied de versant, ont une très forte probabilité d'occurrence.

Tableau 2 : facteurs de sécurité des surfaces de rupture dans les éboulis

Surface de rupture	Facteur de sécurité		
	masse sèche	masse saturée	avec nappe à 1860 mètres
S1	1.13	0.92	0.9
S2	1.17	1.17	1.17
S3	1.11	0.76	0.75

Nous avons également considéré les situations les plus défavorables en simulant la formation d'un écoulement parallèle à la base des éboulis, d'épaisseur variable en fonction de l'intensité de l'événement pluvieux. La formation d'une lame d'eau est défavorable à la stabilité de la masse, dans la mesure où la force motrice augmente avec le poids de la lame d'eau.

Les surfaces deviennent instables au fur et à mesure que la hauteur de pente soumise à l'écoulement augmente, et les ruptures peuvent se développer.

Tableau 3 : facteurs de sécurité en fonction de l'écoulement développé dans le versant

	Sans écoulement superficiel						Avec écoulement superficiel			
	1	2	3	5	7	10	10.15	10.5	11	15
S1	1.1	1.08	1.05	0.99	0.94	0.85	0.39	0.38	0.37	0.27
S2	0.7	0.67	0.64	0.58	0.53	0.44	0.41	0.4	0.38	0.26
S3	1.09	1.06	1.03	0.98	0.92	0.84	0.32	0.31	0.23	0.21

Lorsque l'épaisseur de l'écoulement dépasse celle des éboulis, un écoulement superficiel se développe qui entraîne une importante diminution des conditions de sécurité dans la pente (tableau 4), avec des facteurs de sécurité maxima de 0.4 pour un écoulement de 0.15 mètres de hauteur. Les facteurs de sécurité très faibles résultant de ce calcul montrent la très forte probabilité d'occurrence de ruptures dans de telles conditions hydrologiques.

3) Conclusion

Des mécanismes de rupture superficielle par glissement plan peuvent affecter les produits d'écroulement du versant Est du pic de Charance, plus particulièrement en pied de versant. De faibles modifications des conditions hydrologiques peuvent conduire à la rupture dans la mesure où le facteur de sécurité des éboulis secs est proche de 1.2.

En tenant compte du fait que la morphologie de ce versant correspond à un ancien écroulement, et que les roches sont intensément fracturées, nous avons jugé utile de déterminer la stabilité du massif rocheux sous les éboulis.

Du fait de la structure géologique du versant (figure 4-11, chap 4), le mouvement le plus probable est le glissement plan parallèlement aux surfaces de discontinuité, et les caractéristiques mécaniques mobilisées à la rupture ne seront pas les mêmes tout le long de cette surface. Ainsi, nous devons définir deux unités mécaniques :

- une section médiane où le pendage des couches est quasiment parallèle à la pente et donc très défavorable ; la rupture se produira à la faveur de ces joints stratigraphiques et mobilisera les caractéristiques résiduelles des joints,
- les deux sections correspondant au raccordement de la surface de rupture au profil topographique ; la rupture mobilise alors les paramètres mécaniques du massif rocheux.

1) Paramètres mécaniques équivalents du massif rocheux

Nous avons utilisé les lois empiriques qui font intervenir différentes caractéristiques du massif rocheux, comme l'état de fracturation et l'orientation des discontinuités.

Nous avons appliqué la méthode définie par Hoek et Brown (1988) en tenant compte des modifications ultérieures (Hoek et al, 1992).

Le critère de rupture de Hoek et Brown (1988) s'écrit :

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_c} = \frac{\sigma_3}{\sigma_c} + \left(m \frac{\sigma_3}{\sigma_c} + s \right)^{0.5}$$

Le critère de rupture modifié de Hoek et Brown (1992) s'écrit :

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_c} \right)^a$$

avec σ_c résistance à la compression simple de la matrice, m , s , m_b et a constantes.

a - Calcul des constantes m et s

La rupture profonde dans le versant affecterait les calcschistes planctoniques qui présentent des joints stratigraphiques bien développés. Le RMR calculé selon Bieniawski (1976) présente des valeurs faibles à très faibles selon les conditions de versant considérées (nous sommes obligés de faire de fortes hypothèses sur les conditions hydrologiques existant dans le massif rocheux, de même que sur l'état de fracturation et d'altération des joints stratigraphiques en profondeur). Nous retiendrons pour la suite un RMR moyen de 40 (en précisant que les paramètres mécaniques sont définis dans une zone où le pendage est moyennement favorable, selon la classification de Bieniawski, 1976).

A partir de l'observation des données de la littérature pour des schistes calcaires foliés (Hoek, 1992), nous avons choisi de considérer pour m_i la valeur moyenne de 10.

A partir des formules exprimées par Hoek et Brown (1988) pour des massifs rocheux de versants naturels en se basant sur le RMR, nous pouvons calculer les deux paramètres m et s :

$$m = m_i \times e^{\left(\frac{\text{RMR}-100}{14} \right)}$$

$$s = e^{\left(\frac{\text{RMR}-100}{6} \right)}$$

Soit : $m = 0.14$ et $s = 4.54 \cdot 10^{-5}$.

b - Calcul des paramètres mécaniques équivalents

Le massif rocheux apparaît plissé avec une schistosité bien marquée, les affleurements présentent une roche laminée en plaquettes, présentant des microplis synschisteux. Les joints de stratification ne sont pas rugueux, mais le remplissage argileux n'est pas très évolué. Ces observations, ainsi que les valeurs des paramètres m et s , permettent de classer le massif rocheux dans la catégorie « fair quality rock mass ». De plus, la nature de la roche correspond à des roches carbonatées à tendance argileuse (les calcschistes résultent de la consolidation d'une vase crayeuse). Selon les caractéristiques du massif rocheux, nous avons déterminé une résistance à la compression simple de 50 MPa (Hoek et Bray, 1981).

La courbe intrinsèque correspondant au massif rocheux ainsi défini selon le critère de Hoek et Brown (1988) s'applique pour des roches aux joints modérément altérés espacés de 30 mm à 1 m, et est définie par :

$$\tau_n = 0.234(\sigma_n + 0.0005)^{0.675}$$

Les caractéristiques mécaniques sont définies en considérant la tangente à la courbe intrinsèque (assimilable à une droite dans un domaine restreint de contraintes normales) au point correspondant sur la courbe à la contrainte normale supposée à la rupture. Celle-ci est calculée selon la formule :

$$\sigma_n = \gamma h \cos^2 \alpha$$

avec γ poids volumique du massif rocheux (27 kN/m³),
 h hauteur de versant affectée par la rupture,
 α pente moyenne du versant.

Cette formule est définie pour des surfaces planes indéfinies ; or, dans les cas étudiés, la hauteur varie le long de la surface de rupture. Nous avons donc défini une hauteur moyenne, considérée comme la moyenne arithmétique des hauteurs moyennes de chaque tranche de largeur égale de talus.

Les paramètres mécaniques utilisés pour le calcul (tableau 1) ont été définis à partir de cette courbe en fonction de différentes profondeurs de rupture dans le substratum.

Tableau 1 : paramètres mécaniques équivalents selon le critère de rupture de Hoek et Brown (1988)

Hauteur de rupture (m)	Cohésion (kPa)	Angle de frottement (°)
20	235	43.2
40	322	37.5
60	402	32.7

2) Caractéristiques des joints

Nous devons tenir compte des paramètres mécaniques résiduels des joints le long desquels les surfaces de rupture vont se développer. Nous avons considéré les valeurs données par Hoek et Brown (1980) pour des joints argileux :

cohésion = 0 kPa,

angle de frottement interne = 19-25°.

3) Conditions du calcul et résultats

La surface 1 correspond à une rupture de tout le versant, démarrante au pied du pic de Charance, au contact de la zone de chevauchement (figure 5-3, chap 5). La niche d'arrachement de la surface 2 se situe dans la pente, au pied de l'affleurement actuel de calcaires. Pour chaque surface ainsi définie, nous avons envisagé les trois profondeurs de rupture.

La stabilité du massif sans nappe dépend principalement de la profondeur de rupture considérée (figure 1). Si dans l'hypothèse d'une rupture à 20 et 40 mètres, le versant est stable (facteur de sécurité compris entre 1.22 et 1.46), ce n'est plus le cas pour la surface 1 lorsqu'on considère une rupture éventuelle à 60 mètres de profondeur (FS=1). Le faible facteur de sécurité de cette surface laisse à penser que les caractéristiques mécaniques du rocher devraient être revues à la hausse en profondeur, en raison de la diminution du degré d'altération de la formation et de la compaction.

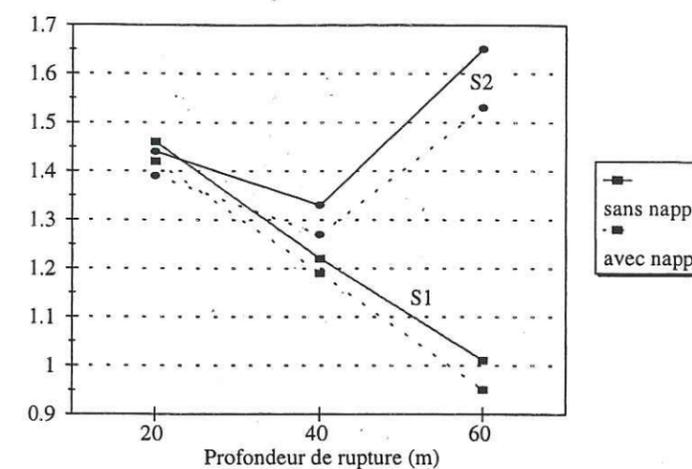


Figure 1 : facteur de sécurité en fonction des conditions hydrologiques du versant

Nous avons également considéré la présence d'une nappe de versant dans ces calcschistes (localisation au chapitre 5, figure 5-3). L'influence négative de cette nappe est plus marquée sur les facteurs de sécurité de la surface 2.

4) Conclusion

Quelques soient les conditions hydrologiques considérées, la surface 1, qui affecte tout le versant, est plus défavorable que la surface 2 au droit de l'affleurement de calcschistes datés de l'Eocène. Afin de pouvoir déterminer précisément les risques de rupture profonde du massif, il serait toutefois intéressant de quantifier avec plus de précision les caractéristiques mécaniques en profondeur du massif rocheux.

Nous avons considéré une déstabilisation régressive vers l'amont avec décapage de l'horizon superficiel morainique sableux, selon des mécanismes de rupture circulaire et non-circulaire. Les calculs ont été conduits en supposant que la rupture ne pénétrait pas dans l'horizon sous-jacent de moraine argileuse, ce qui semble être le cas au vu des observations réalisées sur le terrain.

1) Paramètres utilisés pour le calcul

Les paramètres mécaniques et géotechniques de la moraine « sableuse » (tableau 1) ont été déterminés par des essais de cisaillement mécanique que nous avons réalisés sur un échantillon prélevé dans le bassin versant supérieur (V14(95), annexe III-3). Pour caractériser la moraine argileuse, nous avons considéré les valeurs de référence données pour des dépôts glaciaires argileux faiblement organiques (Hoek et Bray, 1981).

Tableau 1 : paramètres des échantillons de moraines

	Paramètres mécaniques		Paramètres géotechniques		
	C (kPa)	ϕ (°)	γ_h (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
Moraine « sableuse »	0	42	20.2	21.1	17.6
Moraine argileuse	50	27	16	17	12

2) Rupture circulaire (méthode de Bishop)

En raison des caractéristiques hydrologiques de la moraine « sableuse », nous avons considéré une nappe de versant, dont le mur est constitué par la moraine argileuse, et susceptible de se recharger rapidement sous l'effet direct des précipitations et de l'infiltration.

Deux situations principales sont envisagées en fonction de la morphologie du cercle de rupture et de la hauteur de talus affectée par la rupture. La situation la plus défavorable concerne la rupture de petits cercles développés en tête du talus et qui n'affectent pas toute l'épaisseur de moraine « sableuse ». Les coefficients de sécurité très faibles traduisent la fréquence élevée de ce type de ruptures.

Le facteur de sécurité reste inchangé tant que les cercles de rupture n'intersectent pas le toit de la nappe, ce qui est le cas dans l'hypothèse d'une nappe à 30 centimètres par rapport au toit de la moraine argileuse (figure 5-4, chap 5). Lorsque le niveau de la nappe augmente, la stabilité en tête de talus est grandement affectée (figure 1).

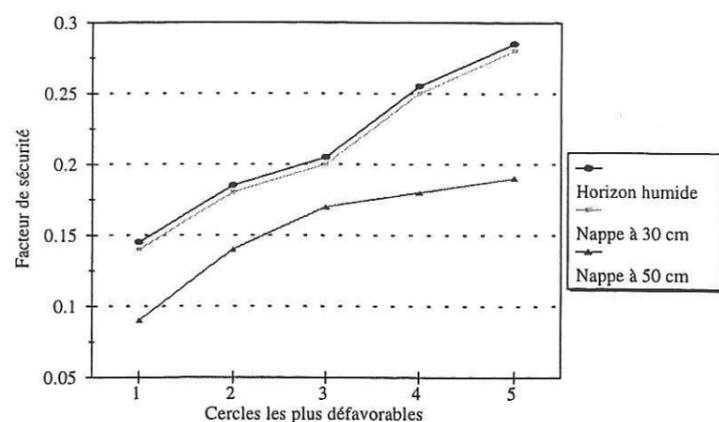


Figure 1 : facteur de sécurité en fonction du niveau de la nappe, pour des ruptures en tête de talus

L'ordre de grandeur des facteurs de sécurité en présence d'une nappe est de 0.06 à 0.26 (estimations réalisées pour une hauteur de nappe inférieure ou égale à 50 cm), ce qui implique une rupture immédiate du talus suite à une recharge de la nappe.

Lorsqu'on considère une rupture sur toute la hauteur du talus, les facteurs de sécurité sont plus élevés que dans le cas de petits cercles. Toutefois, la stabilité du talus n'est pas pour autant assurée, puisque le coefficient minimal est de 0.45 en considérant un horizon humide, sans nappe. La présence d'une nappe influence fortement le coefficient de sécurité du talus (figure 2), qui diminue alors de 30 à 45% pour une nappe de 30 cm de hauteur, et atteint des valeurs variant entre 0.2 et 0.5.

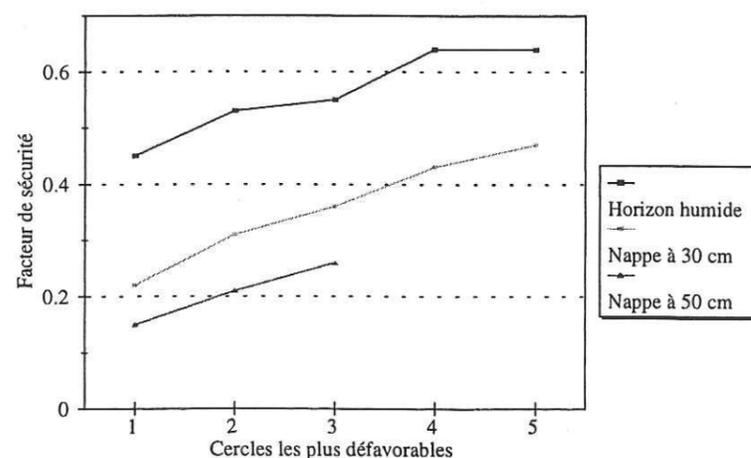


Figure 2 : facteur de sécurité en fonction du niveau de nappe, pour des ruptures affectant tout le talus

3) Rupture non-circulaire (méthode de Carter)

Nous avons considéré trois surfaces de rupture potentielles (figure 3) affectant toute la hauteur du talus, en considérant les mêmes conditions hydrologiques que précédemment. La surface 1, qui correspond à une surface linéaire inclinée d'environ 45° par rapport à la base du talus est la plus défavorable, et est instable même sans nappe. Les deux autres surfaces de rupture (S2 et S3) sont stables. La présence d'une nappe diminue fortement la stabilité de la surface 2 (figure 4), de l'ordre de 40% pour une nappe d'épaisseur 50 cm et la rend instable.

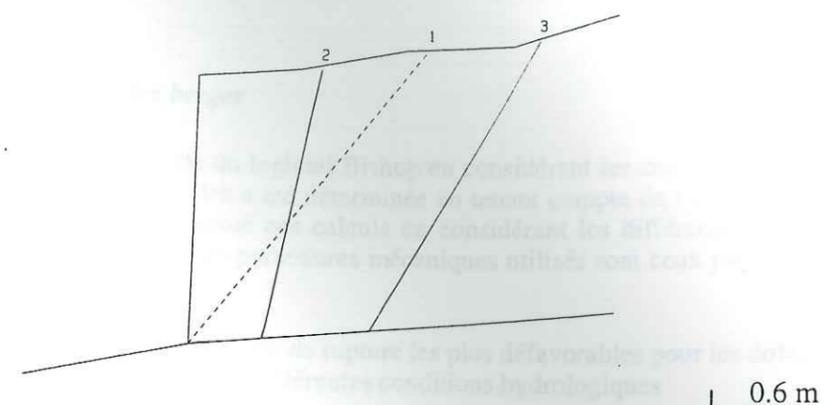


Figure 3 : géométrie des surfaces de rupture non-circulaires

La surface 3 qui concerne une déstabilisation plus en profondeur dans le talus reste stable quelles que soient les conditions hydrologiques considérées. La progression d'un front d'infiltration a une influence négligeable sur le coefficient de sécurité, avec une variation maximale de 0.02.

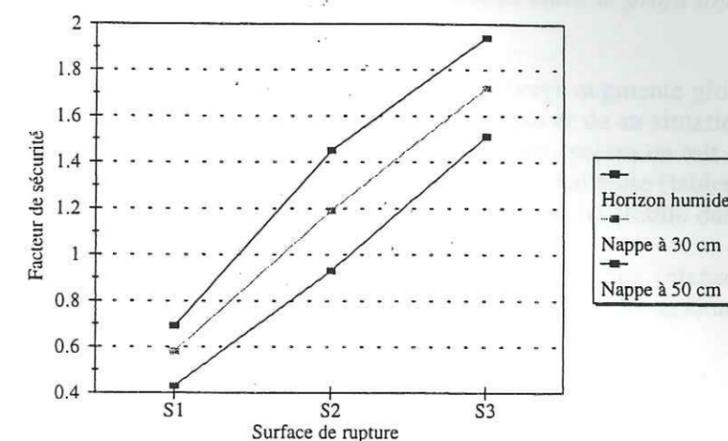


Figure 4 : influence de la nappe sur le facteur de sécurité des surfaces de rupture non-circulaires

4) Conclusion

Les hypothèses de rupture circulaires sont les plus défavorables, avec un coefficient de sécurité inférieur à 1 quelles que soient les conditions de calcul. Ces calculs traduisent le faible degré de stabilité de ces talus.

1) Estimations de la stabilité des berges

Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel Bishop en considérant les cercles de rupture les plus défavorables. La géométrie des cercles a été déterminée en tenant compte de l'existence des fissures au toit des berges. Nous avons effectué ces calculs en considérant les différents profils de berges envisageables (figure 3-5, chap 5). Les paramètres mécaniques utilisés sont ceux présentés en annexe V-2-A, tableau 1.

Tableau 1 : facteur de sécurité des 5 cercles de rupture les plus défavorables pour les différents profils de berges, selon différentes conditions hydrologiques

	Matériau sec	Nappe parallèle à la surface topographique			Matériau saturé
		12 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾	8 ⁽¹⁾	
profil A	1.13-1.33	1.13-1.24	1.09-1.12	0.92-0.98	1.13-1.33
profil A1	1.35-1.76	1.35-1.64	1.31-1.47	1.12-1.28	1.31-1.65
profil A2	1.13-1.36	1.13-1.23	1.09-1.12	0.92-0.98	1.13-1.35
profil A3	1.65-1.69	1.56-1.58	1.55-1.56	-	1.57-1.6

⁽¹⁾ : les valeurs représentent la différence d'altitude en mètres entre le profil topographique et le toit de la nappe.

La présence d'un horizon de moraine argileuse au sein de la berge augmente globalement sa stabilité, mais de manière inégale en fonction de l'épaisseur de ce niveau et de sa situation par rapport au toit de la berge. Ainsi, la stabilité du profil A2 (lentille argileuse peu épaisse en toit de berge) n'est guère meilleure que celle du profil A correspondant à 100% de moraine sableuse (tableau 1).

Pour les profils A1, A2 et A3, nous avons considéré que la nappe est établie dans l'horizon inférieur de moraine sableuse.

La recharge de l'horizon supérieur, dans le cas d'événements pluvieux intenses ne modifie pas le coefficient de sécurité des cercles de rupture les plus défavorables, car ils se situent en-dessous de cet horizon.

2) Rupture régressive

Afin de déterminer l'évolution de la stabilité des berges à la suite d'une rupture, nous avons simulé un nouveau profil déterminé à partir de la géométrie des cercles de rupture les plus défavorables dans trois situations : nappe située à 8 et 12 mètres sous le profil, et matériau sec après rupture (figure 1).

Il est certain que nos calculs, réalisés à l'état d'équilibre limite, ne constituent qu'une approche préliminaire, et que des analyses plus détaillées pourraient être conduites par la suite à partir des modèles de Bjerrum (1967), ou à l'aide du logiciel Flac.

Le profil (B) résulte de la rupture la plus défavorable susceptible de se produire selon le profil (A) pour une nappe située à -12 mètres (par rapport au toit de la berge). La géométrie du profil (B) diminue globalement la stabilité de la berge, qui devient instable même pour un matériau sec (tableau 2). Pour chaque situation hydrologique envisagée, les profils étudiés résultent de la géométrie de la rupture la plus défavorable selon le profil précédent.

Tableau 2 : évolution du coefficient de sécurité par rupture régressive

Matériau sec		Nappe à 12 mètres		Nappe à 8 mètres	
profil B	0.55-1.02	profil B	1.11-1.33	profil B	-
profil D	1.1-1.32	profil C	0.92-1.03	profil H	0.68-0.92
profil E	0.95-1.12				
profil F	1.09-1.16				
profil G	1.1-1.2				

Ces calculs montrent que la rupture entraîne la déstabilisation du profil de la berge, et différents stades de rupture régressive sont nécessaires pour rétablir la stabilité.

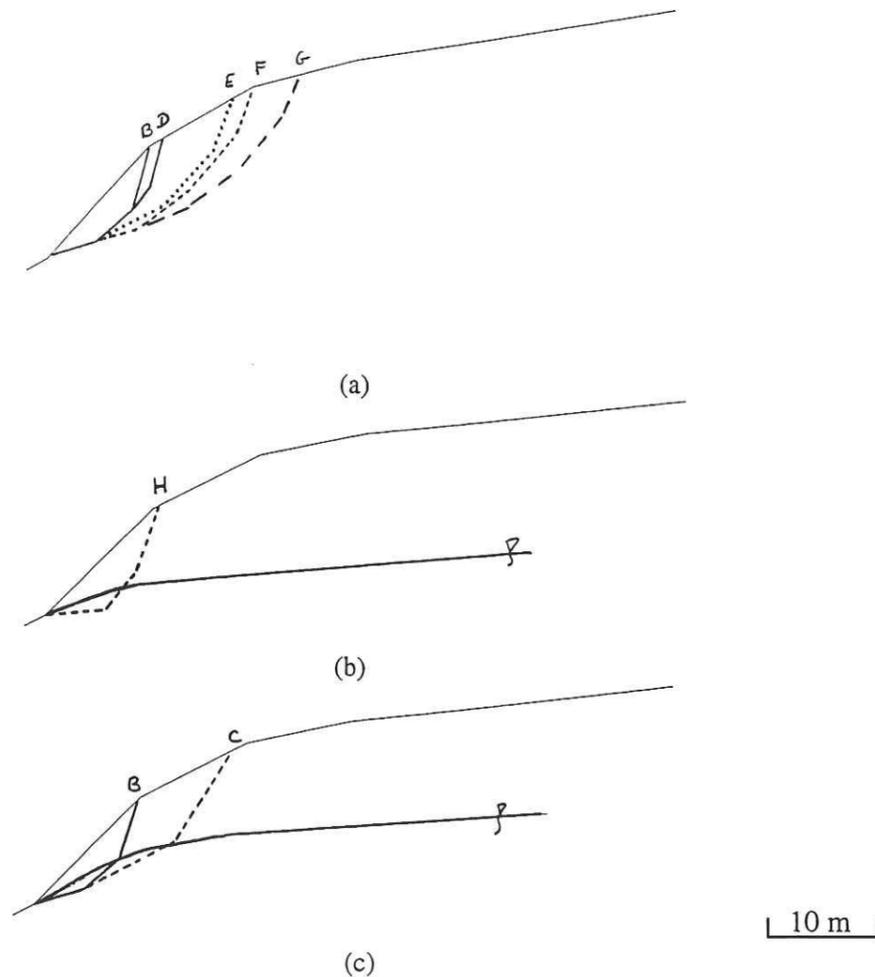


Figure 1 : profils de rupture régressive - a) matériau sec - b) nappe à 12 mètres
- c) nappe à 8 mètres
(i : surfaces de rupture potentielles ; ∇ : niveau de la nappe)

3) Conclusion

La stabilité de la berge morainique « sableuse » est relativement faible, et elle devient instable lorsque le niveau de nappe augmente. De plus, dans certains cas, la rupture de la berge conduit à une situation globalement défavorable, puisque les coefficients de sécurité restent faibles après rupture. Un processus de rupture régressive est alors nécessaire pour rétablir l'équilibre de la berge.

Annexe V-3-A : remobilisation des produits du glissement - la Ravoire de Pontamafrey

1)- Définition des paramètres

Les paramètres mécaniques résiduels des matériaux du versant instable ont été déterminés par des essais de cisaillement mécanique à la boîte de Casagrande (chapitre 3, paragraphe 2.5), réalisés sur un échantillon remanié (R4(95), annexe III-3) prélevé à 2065 mètres d'altitude dans la partie supérieure du glissement de Bon Attrait (figure 4-8) :

cohésion = 30 kPa,
angle de frottement interne = 39°.

Les paramètres géotechniques intrinsèques du matériau sont les suivants :

$\gamma_d = 19 \text{ kN/m}^3$,
 $\gamma_h = 22 \text{ kN/m}^3$,
 $\gamma_{\text{sat}} = 23.4 \text{ kN/m}^3$ (en considérant un rapport matrice/rocher de 80%),
 $W_{\text{sat}} = 14 \%$.

2) Conditions du calcul

Les calculs ont été réalisés pour des ruptures non circulaires selon deux profils topographiques (figure 5-7, p.193).

Le profil 1 se situe légèrement plus au Nord de la zone active du glissement, et les éboulis de pente sont des produits d'éboulement non remaniés par un glissement, contrairement à ceux du profil 2. Il n'y a pas de source dans les éboulis, ni au contact entre les éboulis et le substratum imperméable. Leur perméabilité est donc trop importante pour permettre l'installation d'une nappe de versant.

Pour le profil 2, l'observation de niveaux de sources vers 1830-1850 mètres nous a permis d'établir l'existence d'une nappe de versant.

Pour chaque surface de rupture, différents calculs ont été réalisés afin d'estimer la stabilité du versant en fonction de conditions hydrologiques variables.

3) Résultats du calcul

a - Profil 1

Les éboulis sont naturellement stables lorsqu'ils sont secs ce qui coïncide avec les observations de terrain. La saturation progressive des éboulis influe peu sur le coefficient de sécurité des quatre surfaces de rupture : même après saturation de toute l'épaisseur des éboulis, ceux-ci restent stables ($FS > 1.4$).

Lors de pluies intenses, un écoulement rapide parallèle à la pente va se développer, dont l'épaisseur varie en fonction de l'intensité de l'événement pluvieux. Cette situation diminue la stabilité des éboulis de versant (figure 1). Toutefois, tant que l'épaisseur de l'écoulement est inférieure à l'épaisseur totale d'éboulis accumulés dans la pente, les différentes surfaces de rupture restent stables. Par contre, plus aucune surface de rupture n'est stable lorsque la hauteur d'écoulement est telle qu'un écoulement superficiel se développe en surface. La surface 1, qui mobilise une faible épaisseur de matériaux, est la plus assimilable à une rupture localisée initiant une lave torrentielle.

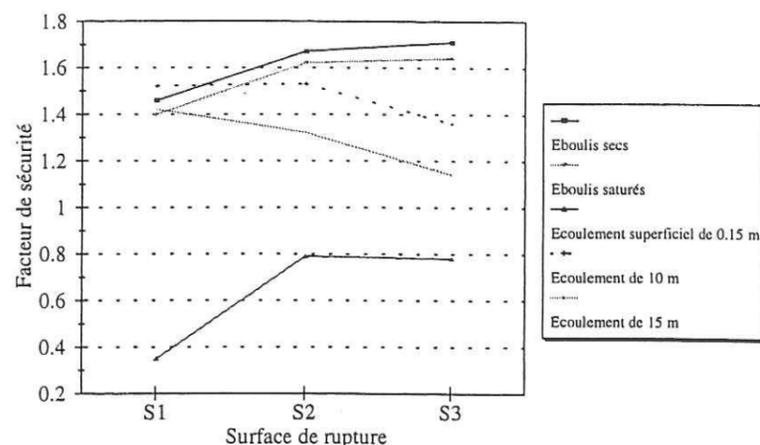


Figure 1 : facteur de sécurité calculé pour différentes conditions hydrologiques

b - Profil 2

Les sources observées sur le terrain expriment la présence d'une nappe dans le versant. Nous avons effectué les calculs pour différentes altitudes de résurgence de cette nappe, et nous avons également envisagé le cas de nappes de versant à surface inclinée de 30% par rapport à l'horizontale (figure 2).

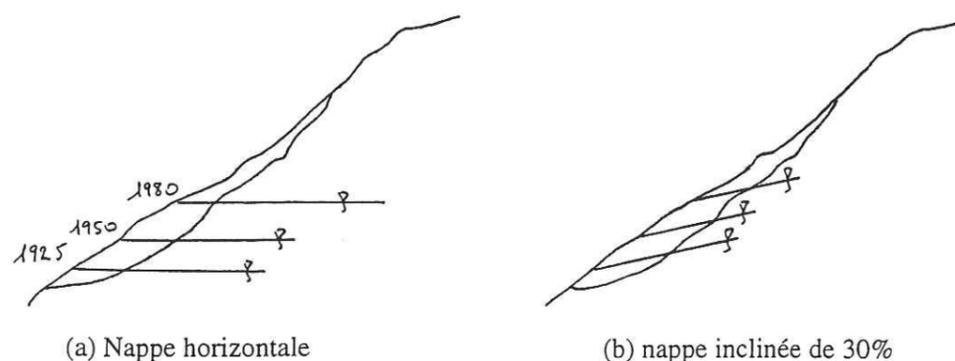


Figure 2 : localisation sur le profil 2 des conditions de la nappe de versant, horizontale et inclinée.

Nous avons considéré tout d'abord que les matériaux situés au-dessus de la nappe sont secs, les matériaux de la nappe étant naturellement saturés. L'influence du niveau de la nappe est particulièrement importante sur les surfaces de rupture 1,2 et 3 (figure 3) qui correspondent à une mobilisation du pied de la masse d'éboulis (diminution de près de 50% du facteur de sécurité pour une élévation de 55 mètres du niveau de la nappe pour S1). La surface S4 est peu affectée par l'élévation du niveau de nappe et reste stable (FS=1.2) même pour une nappe à 1980 mètres dans le versant.

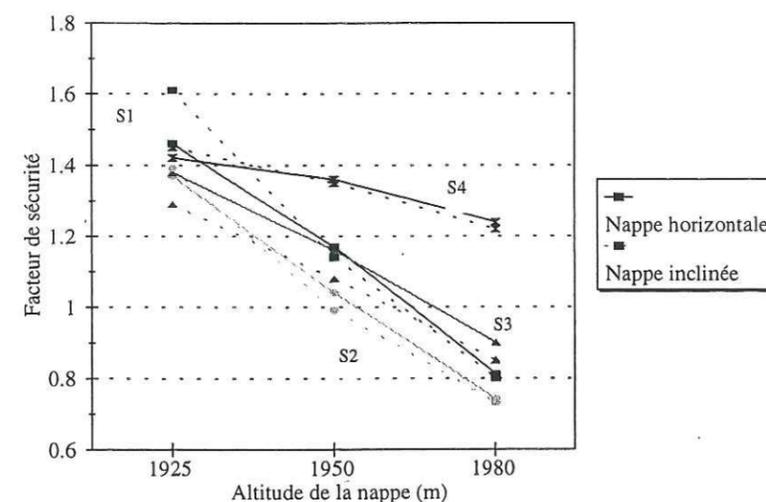


Figure 3 : facteur de sécurité calculé pour différents niveaux de nappes, en fonction de l'inclinaison de la nappe

En envisageant que les éboulis soient enrichis en argiles vers leur base, il est possible d'envisager une nappe à surface inclinée, le degré d'inclinaison variant en fonction de la teneur en argiles des éboulis inférieurs. L'inclinaison de la nappe est un facteur légèrement défavorable, mais qui ne diminue pas significativement les facteurs de sécurité des différentes surfaces de rupture (figure 3). Pour une nappe située à l'altitude 1925, l'inclinaison est même un facteur favorable à la stabilité de la nappe.

Nous avons considéré, dans un second temps, l'influence de la progression d'un front d'infiltration sur la stabilité de la masse d'éboulis, qui peut notamment illustrer l'évolution du versant lors de la fonte des neiges. Pour cela, nous avons défini des couches parallèles à la surface, définissant des interfaces aux paramètres intrinsèques différents.

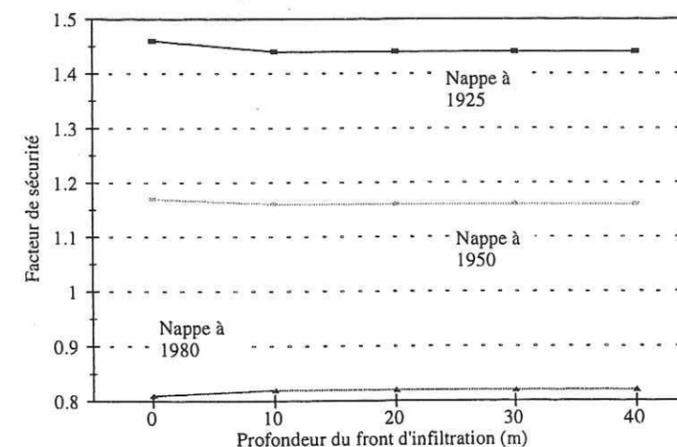


Figure 4 : facteur de sécurité calculé en fonction de l'avancée du front d'infiltration pour différents niveaux de nappe (surface 2)

En considérant une source à 1900 mètres avec une nappe horizontale ou inclinée de 30 % par rapport à l'horizontale, la progression du front d'infiltration a une faible influence sur le facteur de sécurité qui reste même constant lorsque le front progresse dans les 50 derniers mètres de la masse, et ce quelque soit la surface de rupture étudiée (figure 4). Pour les surfaces les moins défavorables définies

précédemment, le facteur de sécurité reste inchangé (supérieur à 1), que la masse soit sèche ou complètement saturée.

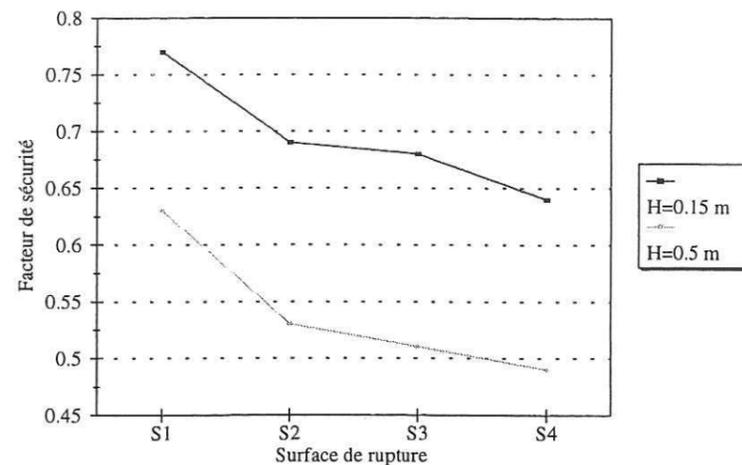


Figure 5 : facteur de sécurité des surfaces de rupture dans le cas d'un écoulement superficiel

Dans le cas de pluies intenses, en raison de l'abondance de particules fines dans les éboulis, la saturation rapide de l'horizon superficiel et la formation d'une croûte de sol imperméable peuvent entraîner le développement d'un écoulement à la surface des éboulis.

Cette situation implique d'importantes diminutions du facteur de sécurité de toutes les surfaces de rupture envisagées (figure 5). La surface 4 est la plus sensible au développement d'un tel écoulement, et possède les facteurs de sécurité les plus faibles. La surface 1 est la plus stable.

3) Conclusion

Des mouvements de grande ampleur dans la masse d'éboulis (rupture au contact du substratum mobilisant toute l'épaisseur des éboulis) sont peu susceptibles de se produire. Toutefois, une déstabilisation de la masse d'éboulis en-deçà de 2000 mètres d'altitude est probable, ce qui est confirmé par l'observation de mouvements au lieu de l'alignement de jalons. La genèse d'une lave hydrologique est beaucoup plus probable dans les éboulis du profil 1 en raison de leur granulométrie plus grossière. Dans le cas du profil 2, les mécanismes de remobilisation des éboulis concernent plutôt une déstabilisation par saturation (fonte des neiges et pluie) et génération de surpressions.

L'observation des crevasses et fissures ouvertes au toit du versant glissé, qui se prolongent parfois vers le Nord, laissent éventuellement prévoir l'occurrence des mouvements profonds. C'est pourquoi nous avons effectué des calculs de stabilité au droit des profils 1 et 2.

Les situations de glissement plan ne sont pas envisageables au regard de la structure du massif. En contrepartie, le basculement des couches d'environ 30° vers l'Est implique que la fracturation perpendiculaire aux joints de stratification est inclinée de 30° vers le Sud par rapport à la verticale, et définit une direction privilégiée pour la surface de rupture.

1) Caractéristiques mécaniques utilisées pour le calcul

a - Calcul des constantes m et s :

Le RMR, obtenu à partir du tableau de classification géomécanique des massifs rocheux de Bieniawski (1976), est défini en fonction de la résistance en compression simple des matériaux, des espaces entre les discontinuités, de la nature de ces discontinuités et des conditions hydrologiques du versant.

σ_c , résistance à la compression simple du massif, est estimée pour des conglomérats entre 71 et 130 MPa (Lama et Vutukuri, 1978). En l'absence de valeurs quantitatives dans notre cas, nous avons considéré une valeur moyenne de 100 MPa.

La fracturation et les discontinuités du massif rocheux, ainsi que ses caractéristiques hydrogéologiques, ont été présentés au chapitre 4, paragraphe 3.1.

En fonction de ces paramètres, le RMR présente des valeurs relativement faibles et nous avons retenu par la suite la valeur de 47.

La valeur de la constante m_i est estimée d'après la littérature (Hoek, 1992) à 22 pour les conglomérats. A partir des formules exprimées par Hoek et Brown (1988) pour des massifs rocheux de versants naturels en se basant sur le RMR, nous pouvons calculer les deux paramètres m et s :

$$m = m_i \times e^{\left(\frac{RMR-100}{14}\right)} \quad \text{soit } m = 0.5,$$

$$s = e^{\left(\frac{RMR-100}{6}\right)} \quad \text{soit } s = 0.00015.$$

b - Calcul des paramètres m_b et a : critère modifié

La structure du massif rocheux, qui apparaît comme fracturé selon un réseau orthogonal de trois directions de fracture, correspond à la catégorie « blocky ». En ce qui concerne les joints rocheux, ils montrent un remplissage dur, sont relativement peu espacés et continus, ce qui les classe dans la catégorie « Fair ».

Nous obtenons ainsi $m_b/m_i = 0.12$ et $a = 0.5$, soit $m_b = 2.64$.

c - Calcul des paramètres mécaniques équivalents

Afin de déterminer les paramètres équivalents du rocher, une étude de la fracturation du flysch grésoconglomératique a été menée : nous avons identifié deux plans de discontinuité majeurs, qui sont les joints de stratification (marqués par des niveaux argileux) et des fractures verticales majeures ouvertes d'espacement moyen 3-4 mètres, qui délimitent des panneaux d'effondrement de la roche et sont à l'origine de paquets glissés en masse de flysch ayant conservé leur stratification. Un réseau de moyenne fracture verticale d'espacement moyen 1 mètre est relevé en continu à travers les différentes

strates de la roche. Elles délimitent des parallélépipèdes anguleux d'un volume proche du m^3 . Une petite fracturation fermée et discontinue recoupe les réseaux principaux.

La courbe intrinsèque correspondant à la qualité du massif rocheux telle qu'elle a été définie précédemment s'applique pour des massifs rocheux aux discontinuités d'espacement moyen 0.3-1m légèrement altérées (catégorie « Fair Quality Rock Mass » dans le tableau de Hoek et Brown, 1988) et est définie par :

$$\tau_n = 0.280(\sigma_n + 0.0003)^{0.688}$$

$$\text{avec } \tau_n = \frac{\tau}{\sigma_c} \quad \text{et } \sigma_n = \frac{\sigma}{\sigma_c}$$

Les caractéristiques mécaniques sont définies en considérant la tangente à la courbe intrinsèque (assimilable à une droite dans un domaine restreint de contraintes normales) au point correspondant sur la courbe à la contrainte normale supposée à la rupture. Celle-ci est calculée selon la formule :

$$\sigma_n = \gamma h \cos^2 \alpha$$

avec γ poids volumique du massif rocheux (27 kN/m^3),
 h hauteur de versant affectée par la rupture,
 α pente moyenne du versant.

Cette formule est définie pour des surfaces planes indéfinies ; or, dans les cas étudiés, la hauteur varie le long de la surface de rupture. Nous avons donc défini une hauteur moyenne, considérée comme la moyenne arithmétique des hauteurs moyennes de chaque tranche de largeur égale de talus. Les paramètres géométriques des surfaces de rupture (tableau 1) sont établis en posant comme hypothèse que la rupture est confinée dans les conglomérats et ne peut se propager dans les étages géologiques sous-jacents.

Tableau 1 : paramètres géométriques et intitulés des surfaces de rupture

Profil	Surface	Hauteur maximale de talus (m)	Pente (°)
1	1, 2, 3	350	45
2	1 2		40.6

Nous avons rapporté les résultats obtenus selon la méthode de Hoek et Brown (tableau 1) et celle du critère de rupture modifié (tableau 2).

Tableau 2 : paramètres mécaniques équivalents selon le critère de rupture de Hoek et Brown (1988)

Profil	Surface	Hauteur de rupture (m)	Cohésion (kPa)	Angle de frottement (°)
1	1, 2, 3	57	340	40.4
2	1	114	550	34.5
	2	64	400	41

Tableau 3 : paramètres mécaniques équivalents selon le critère de rupture modifié de Hoek et Brown (1992)

Profil	Surface	Hauteur de rupture (m)	Cohésion (kPa)	Angle de frottement (°)
1	1, 2, 3	57	300	43.8
2	1	114	390	51.8
	2	64		

Les paramètres mécaniques déterminés selon le critère de rupture modifié de Hoek et Brown correspondent à un massif rocheux de meilleure qualité.

Etant donné le manque d'information dont nous disposons sur l'état de fracturation du massif rocheux en profondeur, nous avons utilisé les paramètres les plus défavorables, définis à l'aide du critère de rupture de Hoek et Brown (1988).

2) Résultats du calcul

a - Profil 1

Le massif rocheux n'est pas affecté par une éventuelle nappe de versant au contact de la surface de rupture, située trop haut dans le versant. Les conditions hydrologiques variables vont donc influencer seulement sur la résistance mécanique de la masse d'éboulis. Dans ces conditions, les éventuelles ruptures définies sont stables, avec des coefficients de sécurité supérieurs à 1.57 (tableau 4).

Tableau 4: facteur de sécurité en fonction de l'état de saturation des éboulis

Surface de rupture	Eboulis secs	Eboulis saturés
1	1.7	1.7
2	1.57	1.57
3	1.65	1.64

b - Profil 2

Les sources pérennes traduisent la présence d'une nappe de versant établie dans les conglomérats de base du flysch. Nous avons donc considéré l'influence de celle-ci sur le facteur de sécurité du profil, en faisant également varier les caractéristiques mécaniques des éboulis recouvrant le flysch (tableau 5).

Les deux surfaces de rupture envisagées restent stables quelques soient les conditions du calcul, les coefficients de sécurité étant bien supérieurs à 1.2.

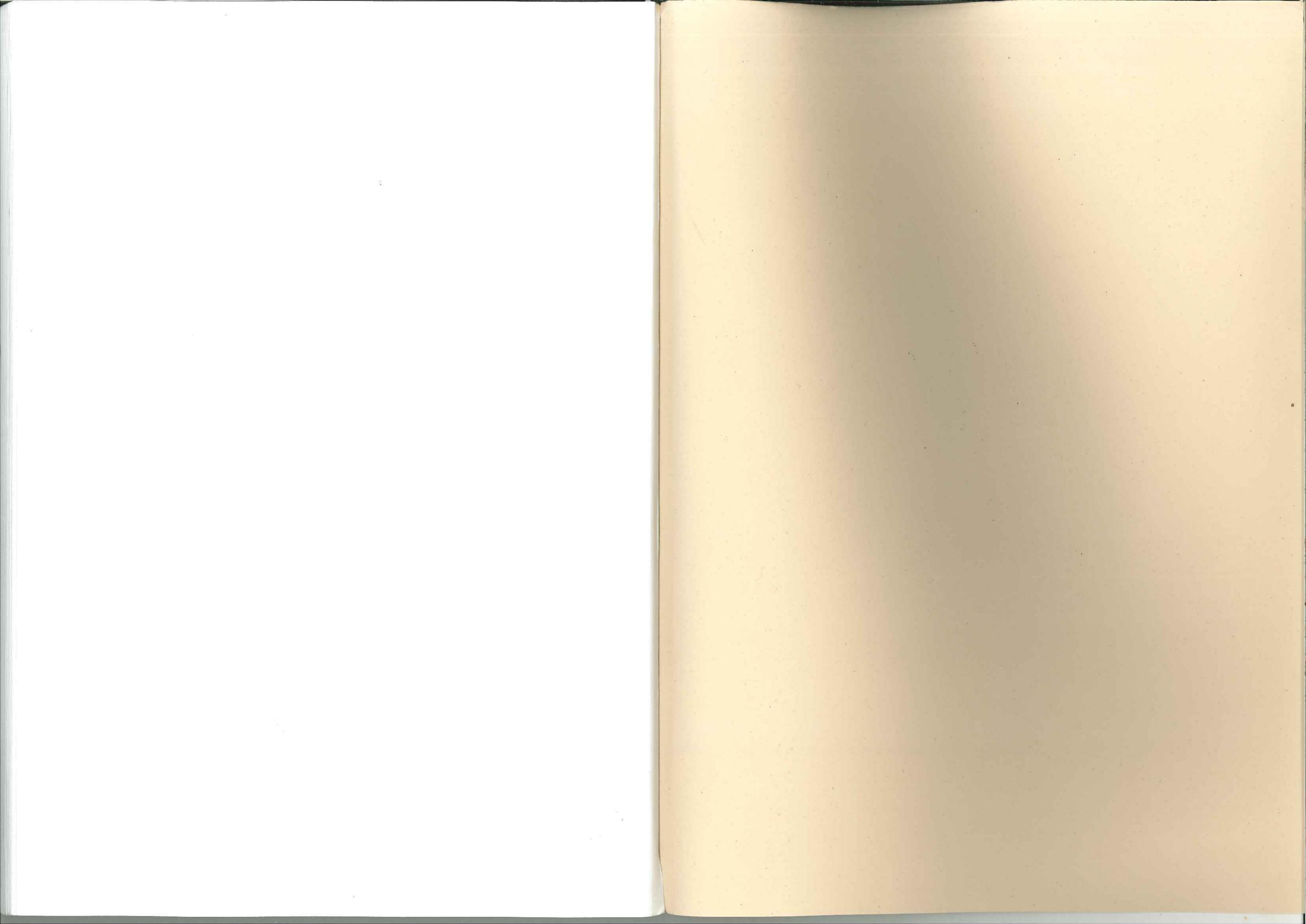
Tableau 5 : influence de la nappe sur le facteur de sécurité

Surface de rupture	Eboulis secs	Nappe horizontale à 2040 mètres	
		Eboulis secs au-dessus	Eboulis saturés
1	1.62	1.55	1.54
2	1.68	1.61	1.6

3) Conclusion

La rupture profonde est peu envisageable, que ce soit par réactivation du glissement ancien ou par extension du glissement vers le Nord.

Il serait toutefois intéressant de pouvoir déterminer l'état de fracturation du massif rocheux plus précisément en profondeur, afin de réajuster les paramètres mécaniques. De plus, il n'est pas exclu que de nouvelles dissolutions et des effondrements dans le gypse conduisent à diminuer la résistance mécanique du massif rocheux, entraînant de nouvelles fracturations du flysch.





ÉCOLE DES MINES
DE PARIS
Collège doctoral

N° attribué par la bibliothèque

□□□□□□□□□□

THÈSE

pour obtenir le grade de
Docteur de l'École des Mines de Paris
Spécialité "Géologie de l'Ingénieur"

présentée et soutenue publiquement par
Isabelle BONNET-STAUB

le 26 mars 1998

**MECANISMES D'INITIATION DES LAVES TORRENTIELLES DANS
LES ALPES FRANÇAISES
CONTRIBUTION A LA MAÎTRISE DU RISQUE**

ANNEXES

Directeur de thèse : Roger COJEAN

Jury

M. J.C. FLAGEOLLET	Rapporteur
M. R. GENEVOIS	Rapporteur
M. P. ANTOINE	Président
M. H. KIENHOLZ	Examineur
M. M. MEUNIER	Examineur