

RESEAU EROSION

8ème REUNION

**L'érosion torrentielle  
dans la  
protection contre les risques naturels**

M.MEUNIER

Cemagref. BP 76  
38402 StMartin d'Heres

**1) Erosion torrentielle et risques naturels :**

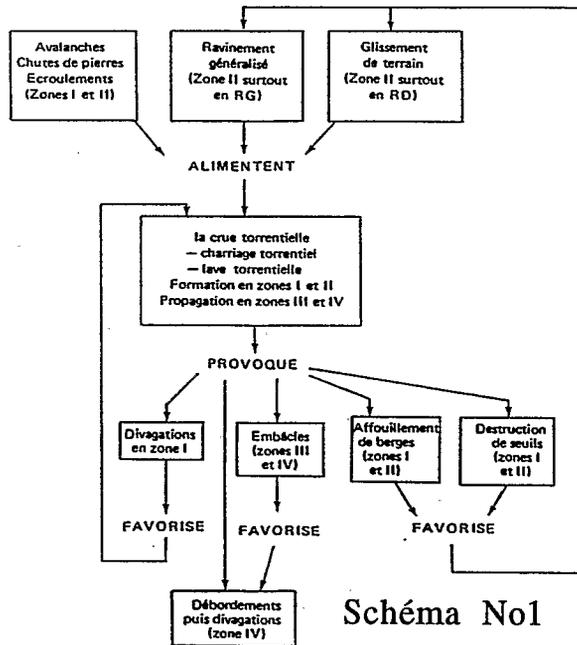
Dans le domaine de la protection contre les risques torrentiels, les problèmes posés sont étroitement liés à la finalité des études de protection, c'est-à-dire à la nature, l'importance et la localisation des enjeux à protéger. Une étude de protection se traduit donc par une confrontation entre d'une part, les processus érosifs, avec évaluation de leur degré de destruction et corrélativement, la nature et le dimensionnement des aménagements de protection qu'ils imposent, et, d'autre part la nature, et l'importance des enjeux qui sont menacés par ces processus érosifs.

Il est donc impératif, lorsqu'on entreprend une étude de protection, d'envisager **tous** les processus destructeurs, d'étudier leurs interrelations, leurs dépendances, d'imaginer les scénarios possibles de catastrophes ; bref, il est nécessaire d'obtenir une idée cohérente du fonctionnement **global** du bassin lors des situations météorologiques intenses : Ainsi, une petite crue torrentielle, sans gravité parce qu'elle est provoquée par une pluie de faible importance, peut générer une lave torrentielle catastrophique en affouillant le pied d'un glissement et en l'activant.

La nature est féconde dans l'invention de scénarios catastrophes complexes : ainsi, l'écroulement de la Valtellina, en Italie du Nord, a provoqué la mort de 8 personnes supplémentaires d'un village non évacué : une partie de l'écroulement est retombée dans un lac

provoqué par le cone d'une lave torrentielle intervenue juste avant l'écroulement ; le mascaret qui en est résulté, a eu cet devastateur loin de la zone présumée d'influence de l'écroulement. Dans le même ordre d'idée, Modane a été partiellement envahie en août 87 par une lave torrentielle alors que la pluie apparemment génératrice, était des plus modestes : 23 mm à Aussois (Pluviographe EDF-DTG). Mais cette faible pluie a réactivé les dépôts d'une autre lave de début juillet, arrêtée en grande partie dans la partie supérieure du bassin et qui ne s'étaient pas consolidés.

Lorsqu'on envisage ainsi le fonctionnement global d'un bassin versant sous l'angle des processus érosifs et avec l'objectif d'étudier une stratégie cohérente de protection contre tous les processus érosifs , on se rend compte que la crue torrentielle joue un rôle intégrateur de tous les autres, comme en témoigne l'analyse de ces processus faites pour le torrent du Saint-Antoine (Schéma no1). Le



spécialiste de terrain en érosion torrentielle est en fait aussi un généraliste des processus érosifs et doit savoir faire appel aux spécialistes des disciplines scientifiques autres que la sienne. Du point de vue scientifique et technique, en tant que spécialiste, il est par contre confronté à deux disciplines différentes, qu'on peut séparer rapidement par la localisation géographique des processus érosifs correspondants : ce qui se passe sur les versants d'une part et ce qui se passe dans le chenal hydrographique d'autre part. Le schéma no 2 montre qu'on a donc affaire d'une part à de l'hydrologie et de l'érosion torrentielle, et d'autre part à de l'hydraulique torrentielle.

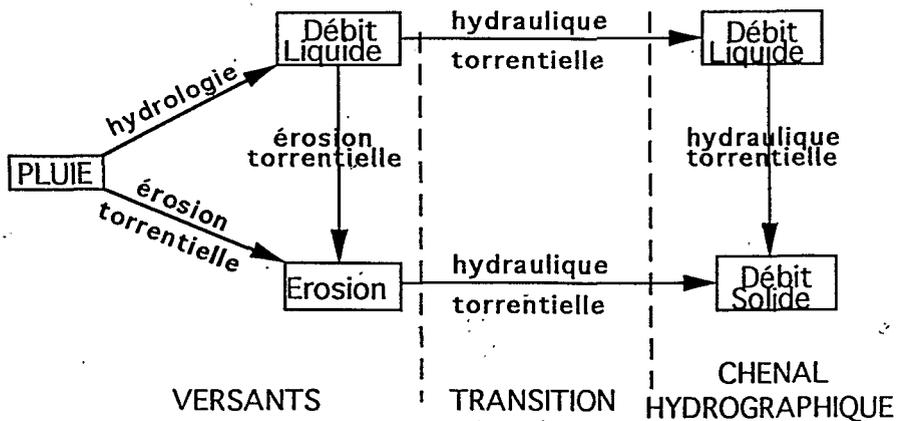


Schéma No 2

La suite de cette note va résumer les grands axes utilisés en hydrologie et érosion torrentielle et laissera de côté l'hydraulique torrentielle.

## 2) Erosion torrentielle et étude de bassin torrentiel

Dégageons quelques axes et indiquons quelques outils couramment utilisés dans les études de bassin torrentiel :

2.1 : Sans vouloir être pessimiste, il faut bien reconnaître que les personnes qui demandent une étude contre les risques torrentiels se sont installées en général là où il n'y a pas de données qui permettraient de quantifier les phénomènes : ceci n'est pas toujours vrai pour les pluies, l'est beaucoup plus pour les débits et c'est quasiment la règle pour l'érosion et les transports solides, surtout si l'on précise que ces transports solides se font en torrent sous forme de charriage et de laves torrentielles et que les matières en suspension n'aggravent pas les risques torrentiels, en général.

2.2 : On ne peut pas traiter d'érosion torrentielle sans s'intéresser à la pluie qui la génère. Par ailleurs, en matière de risques torrentiels, on s'intéresse aux événements catastrophiques. Les raisonnements sont donc du type "événementiel", et les valeurs moyennes annuelles (de pluie ou d'érosion) ne sont, en principe, pas utilisables. Ceci sera précisé un peu plus loin.

2.3 : On s'intéresse de préférence aux grandes valeurs (de crues, d'érosion, etc.), même s'il ne faut pas oublier les scénarios particuliers où de petites causes peuvent provoquer de grands effets, comme on l'a indiqué ci-dessus. Mais dans les cas simples, où une cause préférentielle est responsable de la crue torrentielle, la

pluie le plus souvent (Grand'Bornand, crues cycloniques), les modèles de fonctionnement hydrologique des bassins versants peuvent être simplifiés : d'une part, les grandeurs des phénomènes sont fortes mais mal connues, ce qui impose de travailler en "ordre de grandeur", d'autre part l'existence d'une variable explicatrice préférentielle permet de négliger l'influence des autres qui compliquent ordinairement la compréhension de ce qui se passe : si la pluie de l'aiguat del 40, (une quarantaine de morts dans le Vallespir le 17 Octobre 1940) a été de l'ordre de 1000 mm en 24 heures, l'influence de la rétention du couvert végétal ( 200, 300 mm , ?) devient non pas marginale, mais au moins secondaire.

2.4 : Dans ce cadre, il devient parfois légitime (et un peu inévitable aussi, lorsqu'on est poussé par la nécessité qu'engendre l'absence de données ! ) d'une part de collecter des données à travers le monde et de les comparer pour se conforter dans un ordre de grandeur des phénomènes, d'autre part de considérer que un seul phénomène catastrophique peut constituer l'essentiel de la valeur annuelle correspondante ; ceci est particulièrement vrai bien sûr pour l'érosion et les transports solides, comme le montre le tableau ci-dessous, des ablations consécutives à des phénomènes extrêmes, en espérant qu'il n'y a pas eu deux trop souvent.

Lieu	Erosion rapportée à la surface du bassin versant	Erosion rapportée à la surface dégradée	Auteurs
CHANDIGARH (Inde)		530 m3/ha.an	MALHOTRA et al (1984)
Iles du CAP VERT	145 t/ha en une seule crue en 78 (pluie de 240 mm)		OLIVRY (1989) (p. 283)
NEPAL		200 à 500 t/ha.an	SHRESTA (1985)
TAIWAN	de 5 à 223 m3/ha.an		JING SAN HWANG (1985)
Ile de la Réunion	108 m3/ha cyclone Hyacinthe (6 m de pluie en 10 jours)		LAURENT (1984)
Valeurs proposées pour JEANNE et MARIE	170 m3/ha ou 300 t/ha	1 250 m3/ha ou 2 100 t/ha	pour ANNE
	88 m3/ha ou 150 t/ha	660 m3/ha ou 1 000 t/ha	pour un cyclone de durée de retour 10 ans
	86 m3/ha.an	620 m3/ha.an	moyenne 85.89

Tableau No1

2.5 : Les modèles hydrologiques événementiels à seuil peuvent donner des résultats très intéressants malgré ( ou à cause de? , non! quand même!) leur côté un peu fruste : ce n'est sans doute pas un hasard si, au niveau grossier de quantification où l'on est placé en hydrologie des phénomènes torrentiels extrêmes, le même modèle a été utilisé pour la catastrophe du Grand'Bornand et les crues cycloniques de la Nouvelle Calédonie (MEUNIER 1988, DANLOUX 1985): une rétention initiale (30 à 40 mm pour l'un, 100 mm pour l'autre et ensuite ruissellement total , en précisant que le modèle proposé pour la Nouvelle Calédonie l'a été à partir de mesures.

La liaison pluie-érosion ou débit liquide-débit solide est sans doute aussi un phénomène à seuil ; l'existence d'un pavage dans le lit d'un torrent le montre explicitement. Néanmoins, lors des très gros événements, l'existence du seuil devient secondaire dans la quantification du phénomène et on peut admettre que le seuil d'érosion coïncide avec le seuil de début de ruissellement ; de même, on peut admettre que le pavage est détruit et que l'influence du seuil de début de transport est secondaire.

2.6 : Les formules théoriques issues de la littérature relatives soit à l'érosion (formule de Wischmeier, par exemple) ou au transport solide (Meyer-Peter, par exemple) sont difficilement utilisables sans précaution, et sans recalage sur des ordres de grandeur plausibles obtenus localement (voir 2.4) Pour ces dernières, il ne faut pas oublier qu'elles ont été obtenues à partir d'essais sur modèles réduits sur du matériau totalement disponible. Elles donnent en fait la capacité maximale de transport, et les phénomènes catastrophiques peuvent effectivement s'en approcher(ainsi pour la crue d'octobre 40 dans le Vallespir.: BROCHOT , LEFRANC, 1990). En règle générale, il faut donc diminuer cette capacité maximale de transport, soit en augmentant l'effet du seuil (RICKENMAN, 1990), soit en divisant par un facteur correctif, variable entre 2 et 10 (le choix n'est pas facile !). En conclusion, il faut considérer les formules théoriques comme des indicateurs et éventuellement les utiliser de manière "hydrologique" (comme le coefficient d'écoulement en hydrologie des crues, par exemple, que l'on peut trouver dans les tables des bons auteurs mais qui est si difficile à quantifier sur le terrain).

2.7 : Il faut toujours effectuer, même sommairement, une confrontation entre le stock de matériau disponible pour l'érosion et la capacité de la crue à l'évacuer. Dans certains cas, le stock est tellement immense que sa détermination peut devenir inutile si le facteur limitant est la capacité de transport. Dans d'autres cas, le

volume de matériau disponible est le facteur limitant et son évaluation est primordiale ; en effet, si la crue torrentielle n'est plus alimentée de matériaux solides à partir de l'amont, elle se charge à l'aval et devient affouillante : c'est bien ce qui a été constaté sur la crue du borne le 14/07/87 au Grand Bornand, où les torrents de rive droite et de rive gauche ont déposé leurs sédiments solides aux confluent avec le Borne, ce qui a occasionné en aval les affouillements des berges du Borne proprement dit, avec leurs arbres, et les conséquences habituelles à certains ponts.

2.8 : En règle générale, il faut au maximum tenter de confronter les chiffres que l'on obtient d'une façon à des résultats obtenus par une ou plusieurs autres méthodes. Dans les cas favorables, on peut arriver à une cohérence assez satisfaisante de la quantification des processus, et on est encore plus satisfait lorsqu'on peut valider le modèle élaboré : ainsi (figure 1), l'analyse

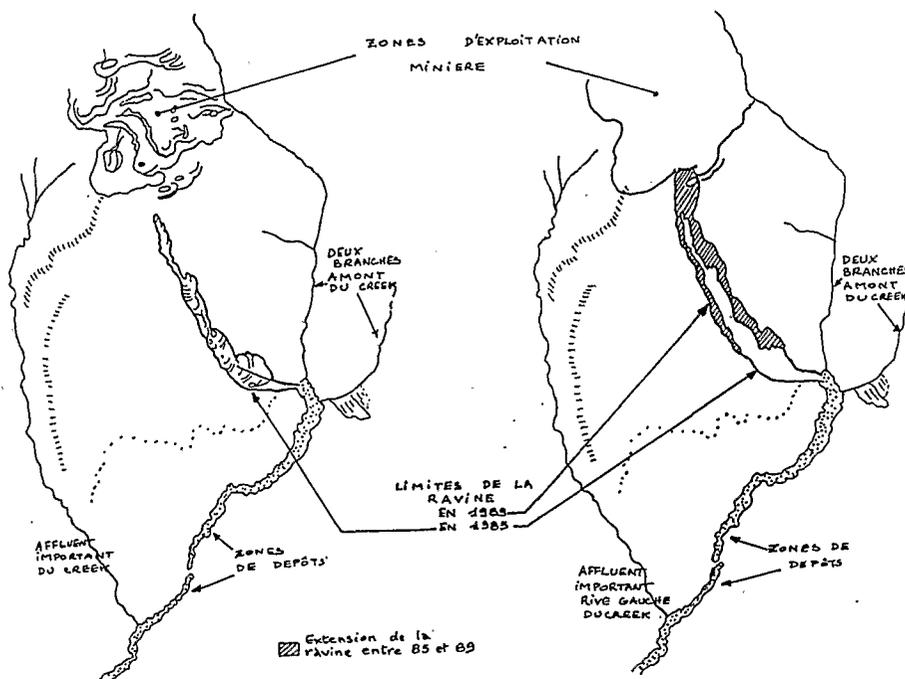


Figure 1

des données de terrain, et des photographies aériennes a permis de confronter les volumes arrachés à la ravine Jeanne et Marie entre 85 et 89, avec les volumes déposés dans le torrent; L'utilisation du modèle de crue indiqué ci-dessus(2.5) et d'estimation de la capacité de transport, nous a donné le moyen de répartir ce volume entre les différents épisodes pluvieux qui se sont produits entre 85 et 89 (tableau No 2) et de retrouver certaines estimations de volumes

Date	Volume torrentiel (m <sup>3</sup> )
22/02/86	310
28/05/86	8 040
07/05/86	1 800
16/12/86	2 100
23/02/87	13 000
12/01/88	46 000
28/06/88	9 500
28/11/88	530
02/01/89	6 700
26/04/89	15 300
21/06/89	960
	7 800

Tableau no 2

solides torrentiels effectués localement. En appliquant le modèle rétroactivement, on a même pu retrouver à peu près la date à laquelle l'érosion de la ravine a débuté du fait des extractions des minerais.

2.9 Pour pouvoir maîtriser l'ensemble des données d'érosion torrentielle et/ou d'hydraulique torrentielle, ainsi que la multiplicité des opérateurs qui traduisent quantitativement les processus érosifs, un environnement informatique de résolutions de problèmes a été réalisé : son nom ETC (Erosion des Torrents en Crue) traduit bien le rôle qu'il doit jouer de simulation des phénomènes torrentiels.

### Bibliographie

BROCHOT, LEFRANC, 1990. "Prévention des crues torrentielles en Haut-Vallespir : validation des hypothèses de travail à partir de l'aiguat d'octobre 40." Colloque : Les inondations d'octobre 1940 en Catalogne : 50 ans passés. Vernet les Bains Octobre 1990.

DANLOUX, 1985 "Contribution à l'étude hydrologique de la basse vallée de la Thio." ORSTOM-DIDER. Noumea.

MEUNIER, 1988. "La catastrophe du Grand Bornand : Crue torrentielle du borne le 14 juillet 1987". Congrès Interpraevent 1988.

RICKENMAN, 1990 "Debris flows 1987 in Switzerland : modelling and fluvial transport". Proceedings of Lausanne symposium August 1990 IAHS Publ.no 194.

**RESEAU  
EROSION**



**Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION**

**Pour citer cet article / How to cite this article**

Meunier, M. - L'érosion torrentielle dans la protection contre les risques naturels, pp. 21-27, Bulletin du RESEAU EROSION n° 12, 1992.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : [beep@ird.fr](mailto:beep@ird.fr)