

Les crues de type cévenol: recherches sur le versant sud du Mont-Lozère (France)

CLAUDE MARTIN, JEAN-FRANÇOIS DIDON-LESCOT

UMR 6012 "ESPACE" du CNRS, Département de Géographie, 98 boulevard Edouard Herriot, BP 3209, F-06204 Nice Cedex 3, France

martinel@infonie.fr

CLAUDE COSANDEY

UMR 8591 du CNRS, 1 place Aristide Briand, F-92195 Meudon Cedex 1, France

JACQUES LAVABRE

C'EMAGREF d'Aix-en-Provence, BP 31, F-13612 Aix-en-Provence Cedex 1, France

VINCENT MARC & ANNE-LAURE COGNARD-PLANCO

Laboratoire d'Hydrogéologie, 33 rue Louis Pasteur, F-84000 Avignon, France

Résumé Les bassins versants du Mont-Lozère reçoivent des précipitations abondantes (2000 mm an⁻¹ en moyenne). Mais leurs sols, sur granite, ont des vitesses de filtration très élevées. Les crues les plus violentes se produisent donc lors d'épisodes particulièrement pluvieux—de type "cévenol"—qui provoquent le débordement des nappes. Dans ces conditions, le rôle tampon du couvert végétal se révèle modeste. Pour expliquer la brutalité des montées de crue, l'hypothèse a été émise que l'engorgement en eau se propageait du haut vers le bas des versants, les crues se déclenchant lorsque les zones actives entraient en relation avec le réseau hydrographique. Cette hypothèse est examinée à la lumière des caractères morphologiques du bassin versant qui a servi de cadre à sa formulation. L'étude présente en outre les recherches qui ont été récemment entamées pour préciser les modalités de la genèse des crues.

Mots clefs bassins versants granitiques; coupe forestière; crues violentes; Mont-Lozère

Key words granitic drainage basins; forest harvest; high floods; Mont-Lozère

INTRODUCTION

Sur la bordure sud du Massif Central, les épisodes pluviométriques "cévenols" sont caractérisés par des précipitations très abondantes. Les pluies engendrent alors des crues violentes qui prennent parfois un caractère catastrophique au débouché des reliefs. Les observations réalisées sur le Mont-Lozère ont permis de décrire la genèse de ces crues. Des recherches sont actuellement en cours pour préciser les modalités de leur déclenchement.

LE TERRAIN D'ETUDE

Trois petits bassins versants sur granite porphyroïde du bassin versant de recherche et expérimental (BVRE) du Mont-Lozère font l'objet de suivis depuis 1981: Latte

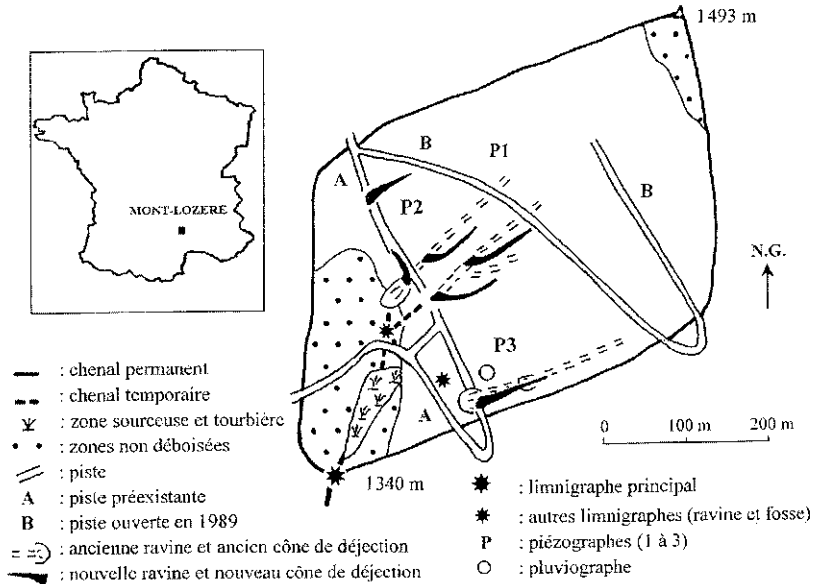


Fig. 1 Localisation du terrain d'étude et présentation du bassin versant de la Latte.

(0.195 km², épicéas), Sapine (0.54 km², hêtres) et Cloutasses (0.81 km², pelouse pâturée). Les versants ont des pentes moyennes avoisinant 12° (Latte), 18° (Sapine) et 10° (Cloutasses). Le bassin de la Latte (Fig. 1), qui a fait l'objet des investigations les plus attentives, a subi, de 1987 à 1989, une coupe à blanc de la pessière sur 80% de sa surface.

Situé entre 1100 et 1500 m d'altitude, le BVRE du Mont-Lozère connaît un climat de type méditerranéen auquel sont associés des caractères montagnards. La température moyenne est de 6.9°C à 1300 m d'altitude. Les précipitations annuelles moyennes avoisinent 2000 mm, pour des valeurs annuelles comprises entre 1100 à 3500 mm.

Les pluies sont parfois très violentes, surtout en automne. Sur le bassin versant de la Latte, les intensités maximales sur 30 minutes ont atteint 179 mm h⁻¹ le 28 août 1999 et 131 mm h⁻¹ le 22 septembre 1993. Sur la période septembre 1981–août 2001, la moyenne interannuelle des précipitations maximales en trois jours consécutifs est de 310 mm (écart type: 117 mm), avec un maximum de 519 mm en novembre 1982.

Les sols et formations superficielles ont des épaisseurs moyennes de l'ordre de 60 (Sapine) ou 70 cm (Latte et Cloutasses). Les vitesses de filtration des sols déterminées sous pluies simulées, vont de 78 à plus de 123 mm h⁻¹ sous végétation non dégradée et pour des sols bien protégés (Cosandey *et al.*, 1990). Sur le bassin de la Latte, des valeurs de 140 et de 280 mm h⁻¹ ont été mesurées à l'infiltromètre double anneau.

Le bassin de la Latte présente un très grand versant de rive gauche, incisé de ravines aux écoulements épisodiques, et parcouru par une piste ouverte en 1989. A l'aplomb de la station limnigraphique, ce versant est coupé par un large replat qui prolonge vers l'aval la topographie en berceau de la tête du vallon. Sur ce replat, des roches peu altérées forment un barrage derrière lequel les sols restent engorgés pendant toute la saison humide. L'écoulement pérenne du ruisseau de la Latte débute un peu en amont du limnigraphe, au niveau d'une zone sourceuse alimentée par le versant occidental.

LES CRUES CEVENOLES

Les crues cévenoles correspondent à des épisodes pluviométriques suffisamment abondants pour assurer la saturation en eau des bassins versants. A l'échelle des bassins étudiés, un épisode de ce type se produit en moyenne chaque année.

Les réponses hydrologiques aux précipitations sont évidemment fonction de l'abondance des pluies et des caractéristiques des bassins versants. On notera à cet égard que si les débits spécifiques de fréquence annuelle (méthode de Hazen) sont respectivement de 1.0, 1.3 et 1.45 $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$ pour les bassins de la Latte, de la Sapine et des Cloutasses, l'ordre est inversé pour ceux de fréquence décennale qui atteignent respectivement 3.3, 3.15 et 2.7 $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$.

La Fig. 2 et le Tableau 1 comparent les débits des trois ruisseaux pour des épisodes de fortes crues. Dans les trois cas étudiés, la réponse du bassin de la Latte a été retardée par rapport à celles des deux autres bassins. Le ruisseau de la Latte a pourtant connu les débits spécifiques de pointe les plus forts en novembre 1984 (2.1 $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$) et en novembre 1994 (2.8 $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$) et une valeur proche de celle du ruisseau des Cloutasses en septembre 1992 (8.0 contre 8.1 $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$; mais pour ces débits,

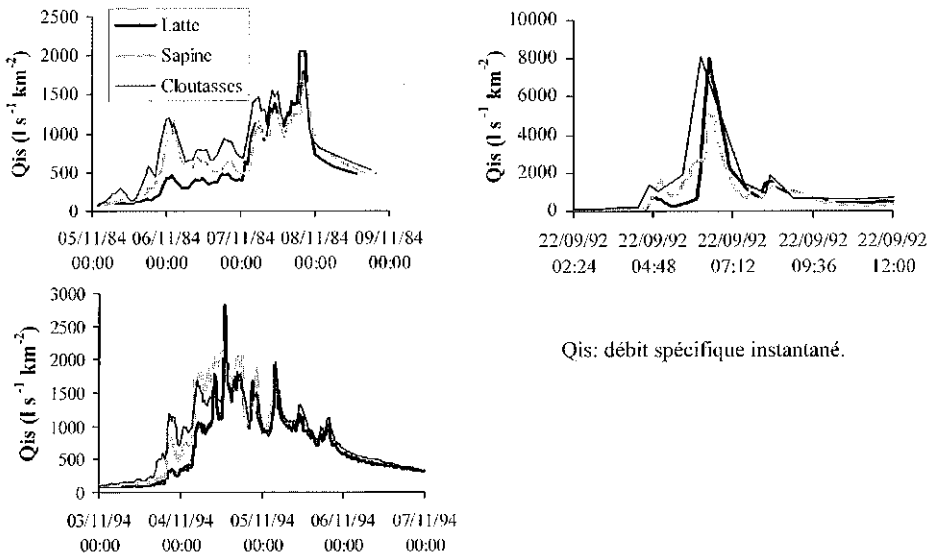


Fig. 2 Exemples de crues : novembre 1984 (avant la coupe), septembre 1992 et novembre 1994 (après la coupe).

Tableau 1 Précipitations totales et débits instantanés spécifiques maximaux pour trois épisodes cévenols.

Episode		Latte	Cloutasses	Sapine
5-7 novembre 1984 (avant la coupe)	P [en 3 jours] (mm)	: 381	391	353
	Qis max. ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$)	: 2.06	1.80	1.64
21-22 septembre 1992 (après la coupe)	P [en 2 jours] (mm)	: 310	329	334
	Qis max. ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$)	: 8.00	8.11	5.01
5-8 novembre 1994 (après la coupe)	P [en 4 jours] (mm)	: 500	488	472
	Qis max. ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$)	: 2.81	2.78	2.54

les courbes de tarage sont largement extrapolées). Pour les débits de pointe crue, il n'y a pas de différence évidente entre les comportements du bassin de la Latte avant et après la coupe des épicéas.

LES DEBITS JOURNALIERS DE CRUE

La comparaison par la méthode du double cumul des écoulements journaliers de crue du bassin de la Latte avec ceux des bassins de la Sapine et des Cloutasses (pour des lames d'eau écoulées journalières supérieures à 26 et à 30 mm sur les bassins de la Sapine et des Cloutasses) ne met en évidence aucune augmentation des écoulements en très hautes eaux du bassin de la Latte après la coupe (Fig. 3). La perméabilité des sols permet la stabilité des comportements en crue. On peut cependant s'étonner qu'après la coupe, les doubles cumuls passent en dessous des droites établies sur la période avant coupe. Certes, les précipitations relativement modestes enregistrées de 1988–1989 à 1991–1992 ont fait jouer un rôle plus sensible à la mollesse de la réponse hydrologique du bassin versant de la Latte au début de chaque pluie. Mais les années suivantes ont été très arrosées sans que les déficits soient compensés.

Une étude utilisant le modèle GRHum (Cognard-Plancq *et al.*, 2001) conclut à une augmentation des débits de crue journaliers de près de 20%. Toutefois ce résultat est fortement influencé par la prise en compte de crues assez modestes au cours desquelles les écoulements ont effectivement été accentués, sans qu'il soit possible de connaître les influences respectives du déboisement lui-même et de l'ouverture de nouvelles pistes. En fait, par le jeu combiné du ruissellement sur les pistes, de la réduction de l'interception de la pluie par les végétaux (habituellement forte dans le cas des épicéas, mais qui pourrait être limitée sur le bassin de la Latte par l'effet des brouillards; Didon-Lescot, 1996) et de la diminution de l'évapotranspiration, la coupe a provoqué une augmentation des écoulements en moyennes et basses eaux, qui s'est d'ailleurs traduite par un léger accroissement des écoulements annuels (de l'ordre de 10%).

LES DEBITS INSTANTANÉS DE POINTE DE CRUE

Par comparaison avec le ruisseau des Cloutasses, les débits instantanés de pointe de crue du ruisseau de la Latte semblent avoir augmenté sous l'effet de la coupe, notamment les

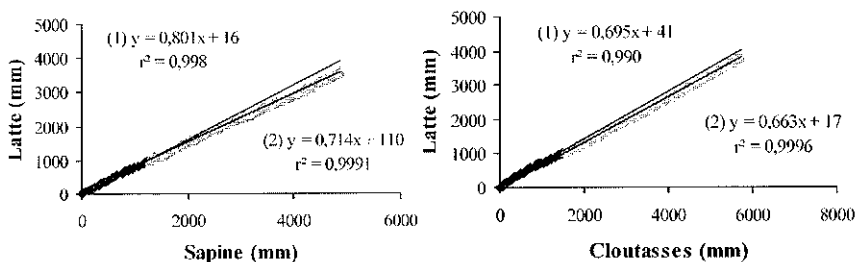


Fig. 3 Comparaison par double cumul des écoulements journaliers de crue du bassin de la Latte avec ceux des bassins de la Sapine et des Cloutasses de juillet 1981 à décembre 1998 (la période avant coupe est figurée en noir, celle après coupe en gris).

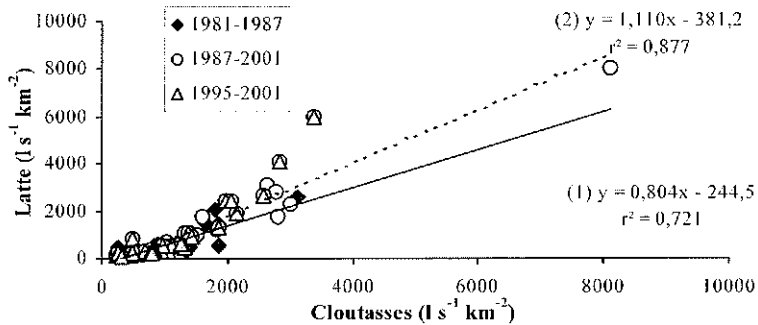


Fig. 4 Comparaison des débits spécifiques de pointe de crue maximaux mensuels des ruisseaux de la Latte et des Cloutasses sur la période août 1981-décembre 2001.

plus forts (Fig. 4). Toutefois les crues avant coupe sont trop peu nombreuses et trop peu violentes pour que cette évolution soit certaine. Si elle était avérée, la modification de comportement aurait encore été sensible après 1995, alors que les versants étaient déjà entièrement couverts d'une formation de ligneux bas. La dénudation des sols ne serait donc pas en cause. Mais il faudrait incriminer l'incision de nouvelles ravines à l'emplacement des chemins de débardage et l'ouverture d'une nouvelle piste en 1989.

LA GENESE DES CRUES CEVENOLES

La perméabilité des sols confère à l'abondance des pluies un rôle essentiel dans le déclenchement des crues les plus violentes, et cela même après une coupe forestière. Sur le bassin de la Latte, les crues cévenoles, et en particulier celle du 22 septembre 1992, ont été interprétées comme la conséquence de l'extension des zones actives à partir des sommets (Cosandey, 1994). La connexion de ces zones avec le réseau de drainage permettrait, en effet, d'expliquer la montée brutale des débits au-delà d'un seuil de teneur en eau du bassin versant. Ce seuil correspondrait à un débit de 60 l s^{-1} , lequel a été atteint pour des précipitations de l'ordre de 200 mm, après une période sèche, en septembre 1992.

Cependant, du fait de la piste qui parcourt le versant de rive gauche et surtout des ravines qui entaillent ce même versant, la saturation en eau des formations superficielles est capable de provoquer l'augmentation du débit du ruisseau avant même le déclenchement du ruissellement superficiel.

On notera qu'en décrue, les écoulements rapides sur les versants cessent pour un débit du ruisseau de la Latte de 130 l s^{-1} environ, beaucoup plus fort que celui à partir duquel l'écoulement du ruisseau réagit nettement aux pluies en montée de crue. Au début de la montée de crue, le bassin versant n'a donc pas encore un comportement homogène. Ainsi, au cours des périodes pendant lesquelles les débits dépassent 130 l s^{-1} , les lames d'eau écoulées restent inférieures aux précipitations (par exemple, les 7 et 8 novembre 1984: $P_{>130} = 170 \text{ mm}$ et $L_{>130} = 103 \text{ mm}$).

Les traçages chimiques et isotopiques réalisés sur le bassin de la Sapine (Marc et al., 2001) ont montré l'importance des écoulements de sub-surface. Celle-ci a été

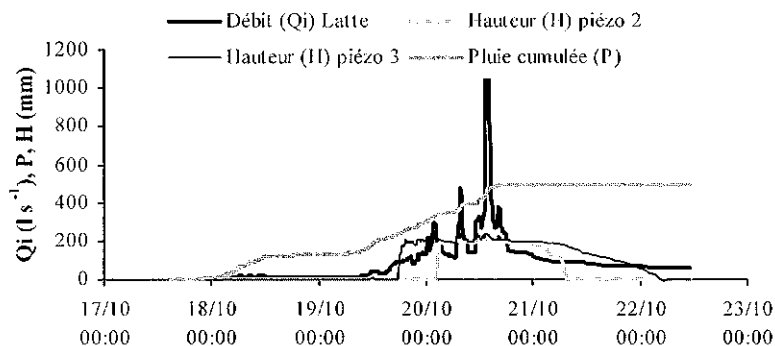


Fig. 5 Crue du 20 octobre 2001 sur le bassin versant de la Latte.

confirmée sur le bassin de la Latte, grâce à un réseau de 34 piézomètres à fond plein (aux parois percées à 5 cm sous la surface du sol) suivi de juin à octobre 2000.

De nouveaux équipements, notamment trois piézographes, ont donc été implantés sur le bassin de la Latte en 2001 (Fig. 1). Lors de la crue du 20 octobre 2001 (Fig. 5), les sols ont été engorgés au niveau des trois piézographes (le piézomètre situé à proximité du piézographe 1 a pallié le dysfonctionnement de celui-ci). La succession des événements atteste néanmoins le comportement hétérogène du bassin versant : décalage entre les réponses des piézographes 2 et 3, position du premier pic de crue après l'engorgement au piézographe 3 et avant l'engorgement au piézographe 2.

CONCLUSION

Sur le BVRE du Mont-Lozère, la perméabilité des sols limite le rôle du couvert végétal lors des crues violentes. Si la brutalité des montées de crue ne plaide pas en faveur d'une extension progressive des zones contributives du bas vers le haut des versants, elle ne répond pas non plus à une progression vers le bas de zones actives sommitales. Les crues se développent après la remontée des nappes aquifères, et donc la multiplication des connexions entre celles-ci et le réseau hydrographique pérenne ou intermittent. La saturation des formations superficielles, et même des sols, se développe partout sur le bassin versant, mais elle garde un caractère hétérogène.

REFERENCES

- Cognard-Plançq, A. L., Marc, V., Didon-Lescot, J. F. & Normand, M. (2001) The role of forest cover on streamflow down sub-Mediterranean mountain watersheds: a modelling approach. *J. Hydrol.* **254**, 229–243.
- Cosandey, C. (1994) Formation des crues "cévenoles" dans des bassins élémentaires du Mont Lozère. *Rev. Sci. Eau* **7**, 377–393.
- Cosandey, C., Boudjemline, D., Roose, E. & Lelong, F. (1990) Etude expérimentale du ruissellement sur des sols à végétation contrastée du Mont Lozère. *Zeit. für Géomorph.* N.F. **34**(1), 61–77.
- Didon-Lescot, J. F. (1996) Forêt et développement durable au Mont-Lozère. Impact d'une plantation de résineux, de sa coupe et de son remplacement, sur l'eau et sur les réserves minérales du sol. Thèse de l'Université d'Orléans, France.
- Marc, V., Didon-Lescot, J. F. & Couren, M. (2001) Investigation of the hydrological processes using chemical and isotopic tracers in a small Mediterranean forested catchment during autumn recharge. *J. Hydrol.* **247**, 215–229.