

## LE FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DES PETITS BASSINS VERSANTS GRANITIQUES DU MONT-LOZÈRE : INFLUENCE DU COUVERT VÉGÉTAL SUR LES CRUES ET LES ÉTIAGES

par Claude MARTIN <sup>(1)</sup>, Jean-François DIDON-LESCOT <sup>(1)</sup> et Claude COSANDEY <sup>(2)</sup>

(1) : UMR 6012 "ESPACE" du CNRS, Département de Géographie de l'Université de Nice - Sophia-Antipolis, 98 Boulevard Édouard Herriot, BP 3209, 06204 NICE Cedex 3. Mél. : [martincl@infonie.fr](mailto:martincl@infonie.fr) .

(2) : Laboratoire de Géographie Physique, CNRS, 1 Place Aristide Briand, 92195 MEUDON Cedex.

**RÉSUMÉ** : L'article dresse la synthèse des observations hydrologiques réalisées sur trois petits bassins granitiques, situés entre 1100 et 1500 m d'altitude, qui sont suivis depuis 1981 sur le Bassin Versant de Recherche et Expérimental (BVRE) du Mont-Lozère. Les recherches ont porté sur des bassins couverts de hêtres (Sapine : 0,54 km<sup>2</sup>), d'épicéas (Latte : 0,195 km<sup>2</sup>) ou d'une pelouse pâturée (Cloutasses : 0,81 km<sup>2</sup>). Le climat présente des caractères méditerranéens, mais il subit des influences montagnardes : précipitations annuelles moyennes voisines de 2000 mm ; température moyenne de l'ordre de 7 °C à 1300 m d'altitude ; chutes de neige représentant chaque année entre 10 et 40 % des précipitations totales. Entre 1987 et 1989, le bassin de la Latte a fait l'objet d'une coupe à blanc des épicéas. Cette perturbation a permis d'étudier le rôle de la forêt sur les écoulements. La démarche repose en partie sur la comparaison des lames d'eau écoulées journalières du bassin de la Latte avec celles des deux autres bassins, en distinguant la période avant la coupe, la période immédiatement après la coupe, et une période après revégétalisation du bassin versant (lande à genêt au sein de laquelle les résineux plantés en 1989 gardent un développement modeste). La coupe des épicéas a provoqué un accroissement des écoulements que l'on peut estimer à 5,5 % (comparaison avec la Sapine) ou à 9,8 % (comparaison avec les Cloutasses) sur la période juillet 1987 - juin 2002. En dépit de la mise à nu des sols, les écoulements de crue n'ont pas subi d'augmentation perceptible, car la perméabilité des sols est suffisamment forte pour gêner le développement d'un ruissellement superficiel généralisé sur les versants. Celui-ci ne peut se déclencher que pour des pluies extrêmement abondantes pendant lesquelles l'interception d'eau par le couvert végétal ne peut jouer qu'un rôle relativement modeste. En ce qui concerne les écoulements journaliers moyennement abondants et faibles, les résultats obtenus se révèlent contradictoires : augmentation sensible (12 %) d'après la comparaison avec le bassin des Cloutasses, mais aucune modification d'après la comparaison avec le bassin de la Sapine. Enfin, le développement de la végétation arbustive ne semble pas avoir réduit l'impact de la coupe tel qu'il est perçu à travers la comparaison avec le bassin des Cloutasses, mais ce dernier est lui-même partiellement envahi par une lande à genêt.

**MOTS-CLÉS** : hydrologie, coupe forestière, bassin versant de recherche et expérimental (BVRE), Mont-Lozère.

**ABSTRACT** : This paper presents the synthesis of the hydrological observations conducted on three small granitic catchments, between 1100 and 1500 m.a.s.l., part of the Experimental and Research Basin (ERB) of Mont-Lozère and monitored since 1981. These catchments are covered by beech (Sapine catchment: 0.54 km<sup>2</sup>), spruce (Latte catchment: 0.195 km<sup>2</sup>) or grazed grassland (Cloutasses catchment: 0.81 km<sup>2</sup>). The climate is mediterranean with mountain influences: mean annual rainfall about 2000 mm; air temperature average of 7 °C at 1300 m.a.s.l.; annual snowfall ranging between 10 to 40 % of total precipitation. Between 1987 and 1989, the Latte catchment has been largely clearfelled (80 % of the whole surface). This disturbance has permitted to study the relations between runoff versus forest changes. The method is partly based on the comparison of the daily discharge values from the Latte catchment with those from the two others, after separating the period before the clearfelling, the period just after the disturbance, and the period of new vegetation cover (mixture of heather and broom with a low-growing coniferous planted in 1989). Clearfelling results on an increasing of runoff estimated to 5.5 % (compared to the Sapine catchment) or to 9.8 % (compared to the Cloutasses catchment) for the post-cut period. Despite soil denudation, high floods don't increase, because the soil permeability is too high to allow the development of an infiltration excess overland flow. To start, overland flow needs of very important rainfalls, during which interception by vegetation cover has a minor effect. Results concerning small and middle daily discharge values are not clear: small increasing (12 %) if compared to the Cloutasses catchment, but no modification if compared to the Sapine catchment. Finally, the development of the broom vegetation in the

Latte catchment seems to have no evident effect upon the hydrological functioning (by comparison with the Cloutasses catchment, which is, in the same time, partially colonized by broom).

KEY-WORDS : hydrology, clearfelling, Experimental and Research Basin (ERB), Mont-Lozère.

## I - INTRODUCTION

Ce texte s'appuie sur les données concernant trois petits bassins versants granitiques suivis depuis 1981 : Latte : 0,195 km<sup>2</sup>, couvert d'épicéas ; Cloutasses : 0,81 km<sup>2</sup>, couvert d'une pelouse pâturée et d'une lande à genêt subissant

des écobuages ; Sapine : 0,54 km<sup>2</sup>, couvert de hêtres (Fig. 1). Les pluviographes et limnigraphes à enregistrement sur papier ont été complétés ou remplacés en 1990 par des appareils à acquisition des données sur support informatique. Les limnigrammes sur papier ont été utilisés jusqu'en mai 1992.

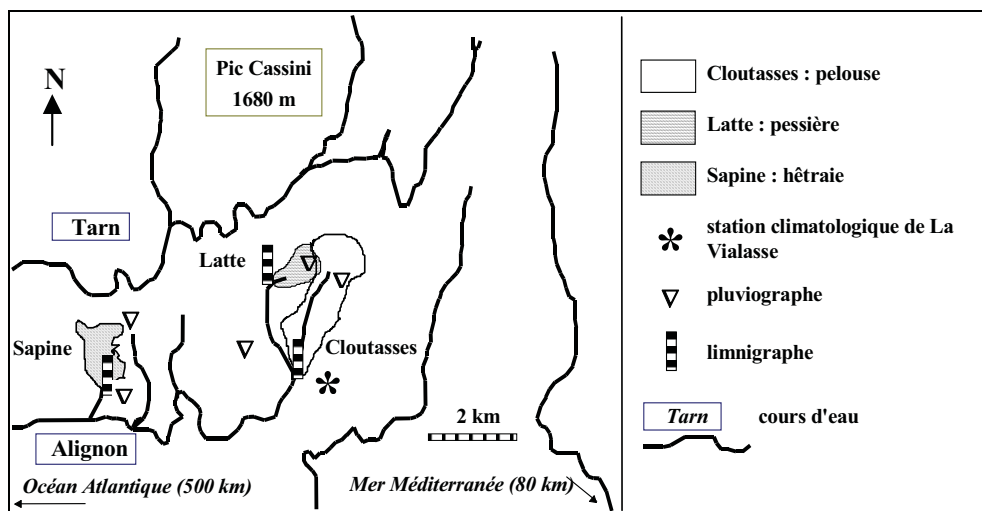


Figure 1 - Le dispositif de mesure.

Situé à 80 km de la Méditerranée, en exposition sud, à des altitudes comprises entre 1100 et 1500 m, le BVRE du Mont-Lozère subit un climat associant des caractères méditerranéens (pluies violentes, surtout en automne ; relative sécheresse estivale ; 2300 heures de soleil par an) et montagnards (précipitations annuelles moyennes à la station de La Vialasse : 1972 mm sur la période 1981-02, avec des valeurs annuelles comprises entre 1313 mm en 1988-89 et 3328 mm en 1995-96 (Fig. 2), dont 10 à 25 % sous forme de neige ; température moyenne de 6,9 °C à la même station, à 1300 m d'altitude).

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 le 28 août 1999 et 131 mm/h 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 bassins versants présentent un relief assez accusé. La pente moyenne des versants avoisine 12° sur le bassin de la Latte, 18° sur celui de la Sapine et 10° sur celui des Cloutasses.

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 pour des sols bien protégés par une végétation non dégradée (D. BOUDJEMLINE, 1987 ; C. COSANDEY *et al.*, 1990). Sur le bassin de la Latte, des valeurs de 140 et de 280 mm/h ont été mesurées à l'infiltromètre double anneau, lors d'une campagne menée en 2002.

Le bassin de la Latte a subi, de 1987 à 1989, une coupe forestière qui a touché 80 % de la

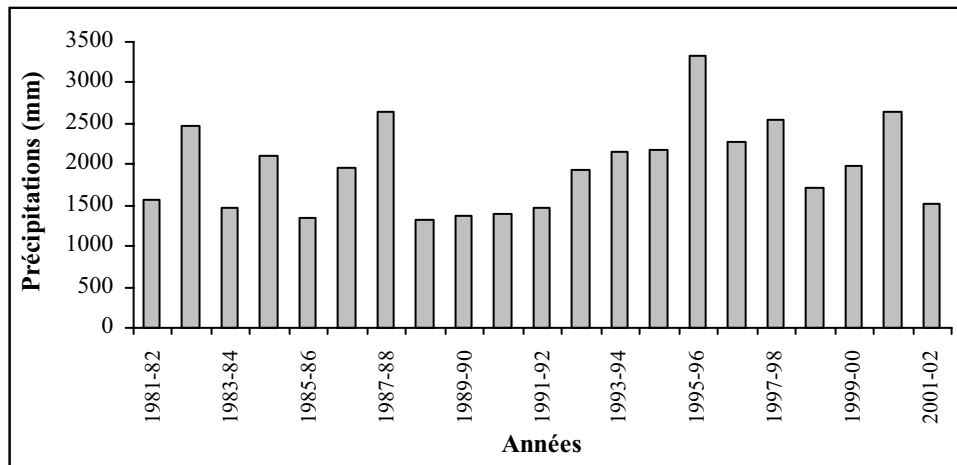


Figure 2 - Précipitations annuelles à la station de La Vialasse sur la période juillet 1981 - juin 2002.

superficie totale. Ainsi a-t-il été possible d'étudier l'impact du couvert végétal sur les fonctionnements hydrologiques. En règle générale, la coupe d'une forêt provoque, dans les premières années, une augmentation des écoulements, mais l'ampleur de cette modification est très variable selon les auteurs (C. COSANDEY et M. ROBINSON, 2000). Elle a pour cause la diminution de la transpiration des plantes et de l'évaporation résultant de l'interception des eaux de pluie par la canopée. La coupe a été suivie d'un reboisement en résineux. La croissance des arbres est lente, mais les sols ont été rapidement colonisés par des

espèces ligneuses dominées par le genêt.

Le bassin de la Latte (Fig. 3) présente un très grand versant de rive gauche, incisé de ravines aux écoulements épisodiques, et parcouru par une piste ouverte en 1989. En contre-haut 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

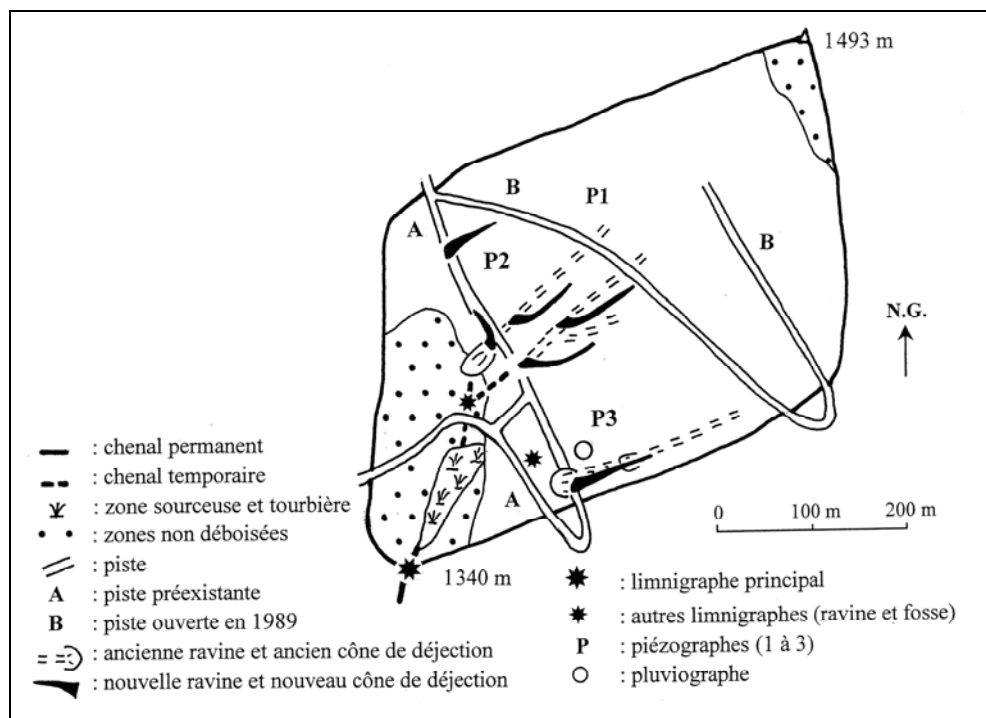


Figure 3 - Le bassin versant de la Latte.

amont du limnigraphe, au niveau d'une zone sourceuse alimentée par le versant occidental.

La mise en évidence des conséquences de la coupe sur le plan hydrologique passe par la comparaison des écoulements du bassin versant de la Latte avant cette perturbation (1981-1987) et après (1987-2002), en s'appuyant sur des données références non influencées par la coupe : précipitations sur le bassin versant ou écoulements de bassins versants voisins. Différentes investigations ont été récemment menées sur ce thème, dans le cadre du programme européen FOREX consacré à l'étude de l'impact du couvert végétal sur les écoulements extrêmes (C. COSANDEY *et al.*, 2000 ; C. MARTIN *et al.*, 2000 ; V. MARC *et al.*, 2000) et dans celui du programme européen LOWRGREP (J. BUCHTELE *et al.*, 2002). Le présent travail reprend les investigations en s'appuyant sur des données à nouveau contrôlées et actualisées.

## II - CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS

Les éléments des bilans hydrologiques annuels sont portés dans le tableau I. Ces données sont complétées par les figures 4 et 5 qui présentent les valeurs mensuelles moyennes des lames d'eau écoulées et des déficits d'écoulement sur la période commune d'observation des trois bassins versants avant la coupe des épicéas du bassin de la Latte.

Sur la période juillet 1981 - juin 1987, les cours d'eau manifestent un régime hydrologique caractérisé par un étiage principal d'été et un étiage secondaire d'hiver (Fig. 4). Ces périodes d'étiage sont séparées par deux périodes de hautes eaux constituées, la première, par les mois

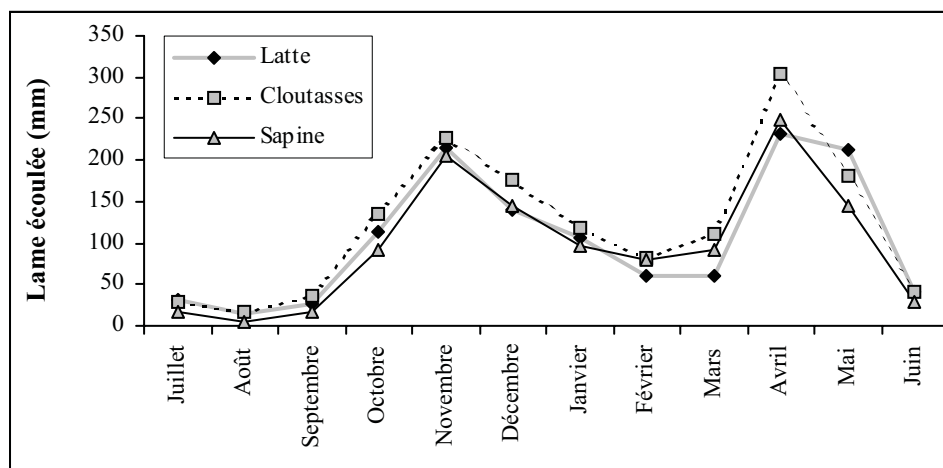


Figure 4 - Lames d'eau écoulées mensuelles moyennes sur la période juillet 1981 - juin 1987.

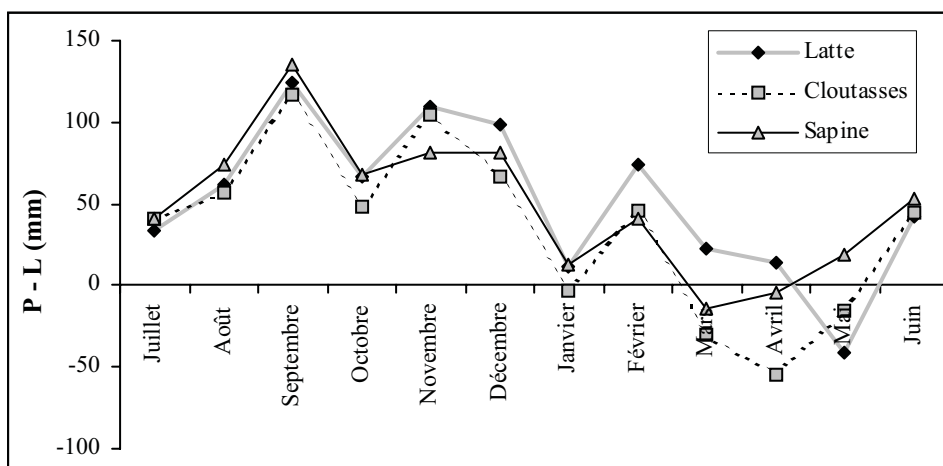


Figure 5 - Déficit d'écoulements mensuels moyens sur la période juillet 1981 - juin 1987.

Tableau I - Éléments des bilans hydrologiques annuels des bassins versants de la Latte, des Cloutasses et de la Sapine sur la période juillet 1981 - juin 2002.

Années	Latte				Cloutasses				Sapine			
	P (mm)	L (mm)	P - L (mm)	ETP (mm)	P (mm)	L (mm)	P - L (mm)	ETP (mm)	P (mm)	L (mm)	P - L (mm)	ETP (mm)
1981-82	1580	1212	368	–	1626	1360	266	–	1580	1162	418	–
1982-83	2504	1554	950	–	2533	1784	750	–	2131	1431	700	–
1983-84	1540	929	611	–	1508	1168	340	–	1440	877	563	–
1984-85	2186	1482	704	–	2189	1695	493	–	2140	1379	761	–
1985-86	1466	1044	422	598	1435	1258	177	608	1375	968	407	637
1986-87	1948	1297	651	560	2001	1490	511	573	1906	1219	687	605
1987-88	2679	1986	694	532	2717	2096	621	543	2426	1639	787	570
1988-89	1355	929	425	627	1369	931	438	651	1239	698	541	671
1989-90	1426	798	628	588	1441	825	616	605	1340	680	659	627
1990-91	1435	1072	364	594	1474	1111	363	600	1397	938	459	634
1991-92	1483	799	684	583	1524	886	638	593	1418	696	722	629
1992-93	1919	1304	615	575	1986	1421	564	580	2032	1244	788	613
1993-94	2154	1797	358	553	2218	1805	413	557	2111	1515	596	588
1994-95	2209	1526	683	597	2280	1485	795	602	2208	1522	686	634
1995-96	3391	2710	681	553	3470	3031	440	558	3290	2533	756	587
1996-97	2272	1615	657	594	2346	1744	602	600	2208	1578	630	635
1997-98	2618	1815	803	623	2625	2016	609	626	2423	1696	727	664
1998-99	1660	1345	315	615	1722	1256	466	622	1593	1105	489	650
1999-00	2080	1220	860	605	2060	1362	699	614	1978	1155	822	642
2000-01	2715	1916	799	585	2678	2172	506	594	2347	1637	717	619
2001-02	1759	915	843	623	1595	910	685	632	1404	645	759	660
<i>1981-87</i>	<i>1871</i>	<i>1253</i>	<i>618</i>	–	<i>1882</i>	<i>1459</i>	<i>423</i>	–	<i>1762</i>	<i>1173</i>	<i>589</i>	–
<i>1987-95</i>	<i>1832</i>	<i>1276</i>	<i>556</i>	<i>581</i>	<i>1876</i>	<i>1320</i>	<i>556</i>	<i>591</i>	<i>1771</i>	<i>1117</i>	<i>655</i>	<i>621</i>
<i>1995-02</i>	<i>2356</i>	<i>1648</i>	<i>708</i>	<i>600</i>	<i>2357</i>	<i>1784</i>	<i>572</i>	<i>606</i>	<i>2178</i>	<i>1478</i>	<i>699</i>	<i>637</i>
<b>1981-02</b>	<b>2018</b>	<b>1394</b>	<b>624</b>	–	<b>2038</b>	<b>1515</b>	<b>523</b>	–	<b>1904</b>	<b>1253</b>	<b>651</b>	–

P : précipitations sur le bassin versant. L : lame d'eau écoulée. P - L : déficit d'écoulement. ETP : évapotranspiration selon la formule de TURC. – : données manquantes. En italique : valeurs annuelles moyennes.

d'octobre à décembre, et, la seconde, par les mois d'avril et mai. Septembre est caractérisé par des déficits d'écoulement très élevés (Fig. 5). Il reçoit des précipitations abondantes (151 mm en moyenne), mais une grande partie sert à reconstituer les réserves en eau des bassins versants et une autre alimente une évapotranspiration encore active. Les précipitations moyennes d'octobre sont voisines de celles de septembre. Les écoulements sont cependant plus abondants, car les réserves sont partiellement reconstituées. Les précipitations mensuelles maximales se placent en novembre (325 mm en moyenne). Les pluies génèrent alors des écoulements extrêmement abondants. Les déficits d'écoulement demeurent toutefois élevés. Ils chutent en janvier (pour des précipitations de 118

mm en moyenne), puis remontent en février (précipitations de 133 mm en moyenne). De mars à mai, ils sont très faibles, et même souvent négatifs, du fait de l'intervention de la réserve hydrologique. Les écoulements les plus abondants se produisent en avril (pour des précipitations de 245 mm en moyenne) : au début du printemps, les écoulements générés par les pluies sont grossis par la fonte des neiges accumulées au cours des mois précédents (la période 1981-87 a été marquée par un fort enneigement). En relation avec l'altitude, l'exposition et le couvert végétal, on observe des différences importantes entre les réponses des bassins versants à la fonte des neiges : le bassin de la Sapine (altitudes comprises entre 1160 et 1395 m) réagit rapidement, mais faiblement ;

celui des Cloutasses (altitudes comprises entre 1290 et 1495 m) répond fortement et de manière prolongée (mars à mai); celui de la Latte (altitudes comprises entre 1340 et 1495 m) présente une réponse tardive (mai).

Le tableau I indique que les déficits d'écoulement (P - L) annuels sont souvent supérieurs à l'évapotranspiration selon la formule de TURC, en particulier pour les bassins versants boisés de la Latte et de la Sapine. Certes, les déficits d'écoulement subissent des variations très fortes d'une année à l'autre, ce qui peut s'expliquer soit par la variation des stocks d'eau des bassins versants entre le début et la fin de chaque année hydrologique, soit par le cumul des erreurs de mesure aléatoires sur les pluies et les écoulements. Mais les valeurs moyennes des déficits d'écoulement se révèlent elles-mêmes voisines ou supérieures à l'ETP, en particulier pour le bassin versant de la Latte en situation de revégétalisation avancée (1995-02) et pour le bassin versant boisé de la Sapine sur toute la période de mesure (1987-02).

Selon de nombreux auteurs, l'interception d'eau de pluie par le couvert végétal pourrait provoquer un accroissement de l'évapotranspiration (J. HUMBERT et G. NAJJAR, 1992; C. COSANDEY et M. ROBINSON, 2000). Quoi qu'il en soit, et au delà des questions d'ordre méthodologique que les observations effectuées sur le Mont-Lozère obligent à se poser (choix de la formule pour le calcul de l'évapotranspiration; imprécisions sur la mesure des précipitations et des écoulements), il semble surtout que l'on puisse considérer que les arbres, sur les bassins versants étudiés, bénéficient presque toujours d'une alimentation en eau optimale.

On remarque en outre que sur le bassin de la Latte, le déficit d'écoulement annuel moyen est passé de 618 mm sur la période avant la coupe (1981-87) à 556 mm sur la période 1987-95. Dans le même temps, les déficits d'écoulement ont au contraire augmenté sensiblement sur le bassin en pelouse des Cloutasses (de 423 à 556 mm/an) et sur celui sous hêtraie de la Sapine (de 589 à 655 mm/an). L'évolution observée sur le bassin de la Latte peut être imputée à la réduction de l'évapotranspiration (par diminution globale de la transpiration; mais aussi par diminution de l'évaporation après les pluies, en raison de la réduction de l'interception des eaux de pluie par la canopée). Cette évolution n'est plus sensible sur la période 1995-02. Le déficit d'écoulement sur le bassin de la Latte atteint alors

708 mm/an, contre 572 mm/an pour celui des Cloutasses et 700 mm/an pour celui de la Sapine. La densité de la strate arborée restant modeste, on peut s'interroger sur la cause de ces résultats. À cet égard, on note que les précipitations mesurées sur le bassin de la Latte sont relativement fortes en 2000-01 et 2001-02.

### III - LES PROTOCOLES POUR L'ANALYSE DES DONNÉES

Du fait des nombreux autres paramètres qui influencent les écoulements (stockage ou restitution progressive d'eau par les formations superficielles et les aquifères, évapotranspiration, précipitations sous forme neigeuse, fonte des neiges, interception par le couvert végétal...), les régressions entre les pluies et les débits mensuels ne sont logiquement pas très bonnes (Fig. 6 – exemple du bassin de la Latte sur la période 1981-87).

Une prise en compte plus globale des facteurs influençant les relations pluies-débits peut être réalisée en travaillant sur les données annuelles. La qualité des régressions entre les précipitations et les lames d'eau écoulées s'en trouve sensiblement améliorée (Fig. 7), tout en restant insuffisante pour définir une tendance qui puisse être appliquée sans réserve à d'autres périodes que la période d'observation considérée.

Par ailleurs, du fait que les réponses hydrologiques de chacun des bassins versants dépendent des conditions propres à ce bassin versant (volume des précipitations bien sûr, mais aussi remplissage des aquifères, état du couvert végétal...), les régressions entre les lames d'eau journalières écoulées par les bassins versants sont de qualité moyenne (Fig. 8). Le traitement de données mensuelles conduit à une légère amélioration du coefficient de corrélation (Fig. 9). Mais les résultats les plus satisfaisants sont obtenus avec les données annuelles (Fig. 10 et 11).

Afin de pouvoir, d'une part, apprécier le fonctionnement hydrologique sur la période référence (1981-87) à travers un lissage des variations dans le temps de la relation entre les variables considérées et, d'autre part, visualiser à la fois la tendance ainsi définie et les écoulements effectivement réalisés au cours des années ultérieures, nous avons largement utilisé la méthode du double cumul. Cette approche a

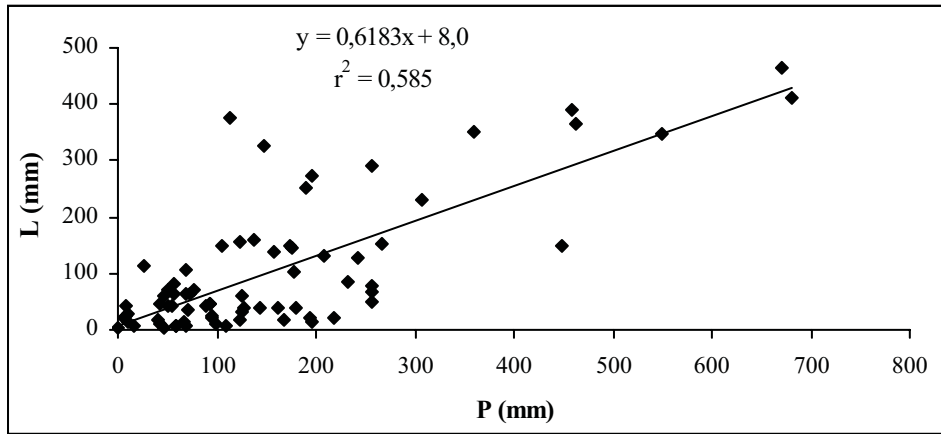


Figure 6 - Relation entre les lames d'eau écoulées (L) et les précipitations (P) mensuelles du bassin versant de la Latte sur la période 1981-87.

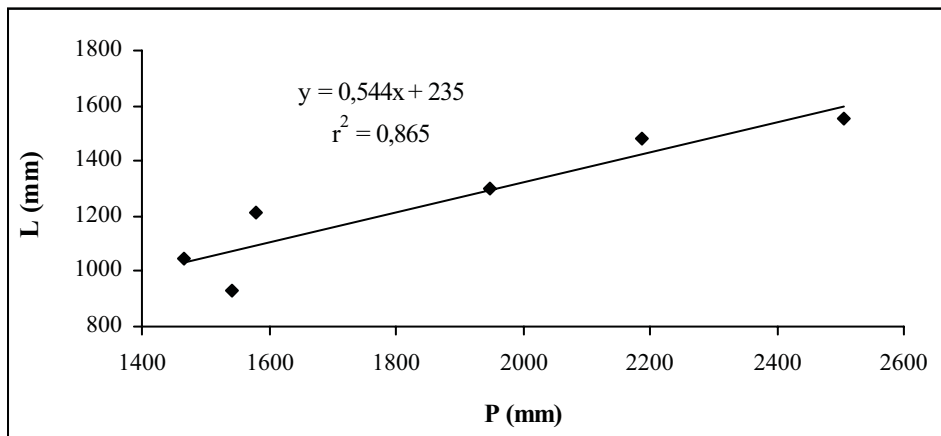


Figure 7 - Relation entre les lames d'eau écoulées (L) et les précipitations (P) annuelles du bassin versant de la Latte sur la période 1981-87.

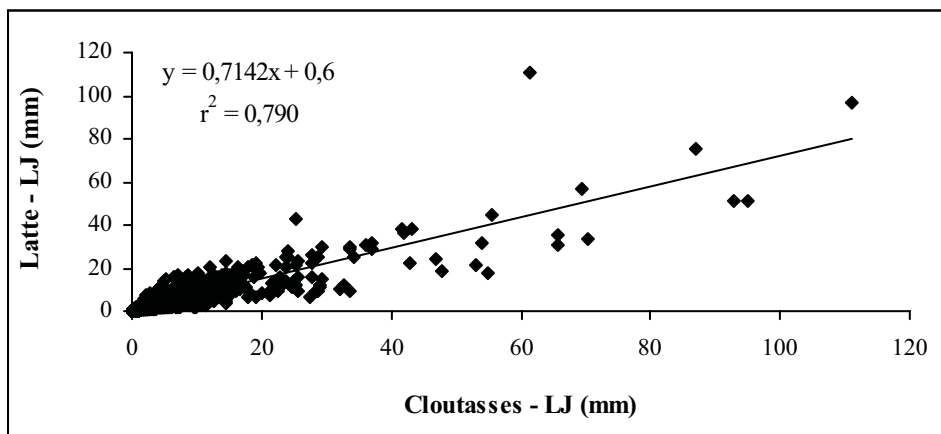


Figure 8 - Relation entre les lames d'eau écoulées journalières (LJ) des bassins versants de la Latte et des Cloutasses de juillet 1981 à juin 1987.

été complétée par l'utilisation des régressions entre les écoulements annuels des bassins versants.

Ajoutons que des modélisations pluies-débits ont été menées dans le cadre des recherches sur le BVRE du Mont-Lozère (G. GALÉA et D. BARBET, 1992 ; V. MARC

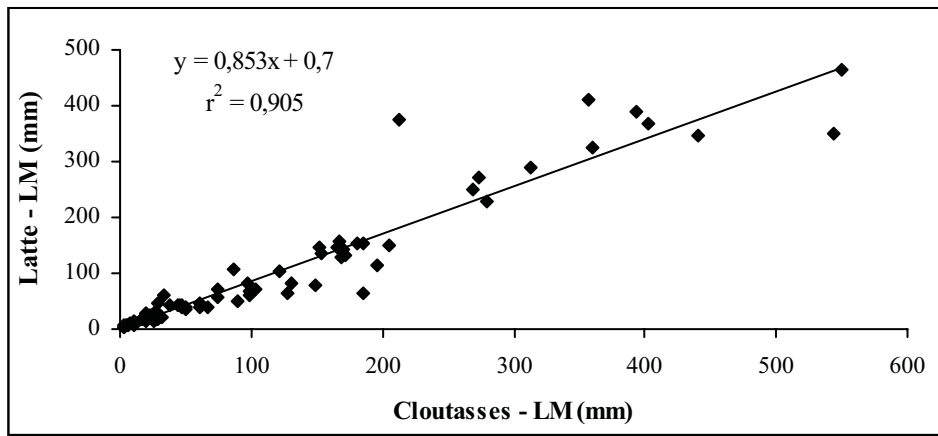


Figure 9 - Relation entre les lames d'eau écoulées mensuelles (LM) des bassins versants de la Latte et des Cloutasses de juillet 1981 à juin 1987.

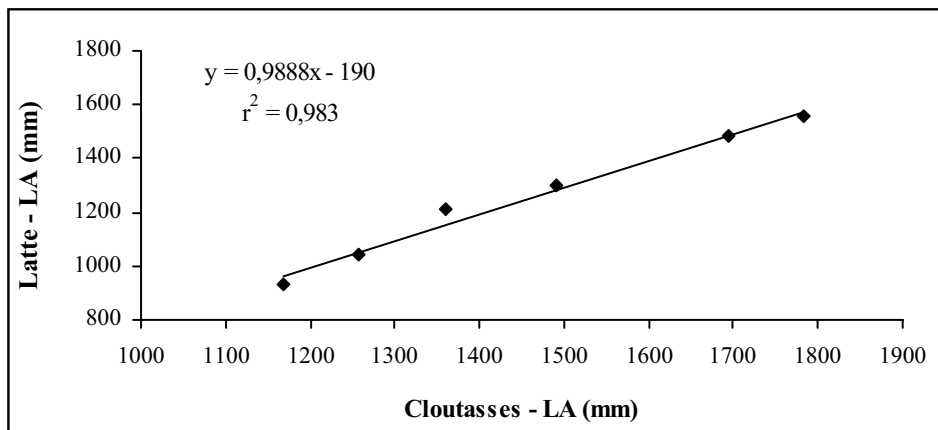


Figure 10 - Relation entre les lames d'eau écoulées annuelles (LA) des bassins versants de la Latte et des Cloutasses de juillet 1981 à juin 1987.

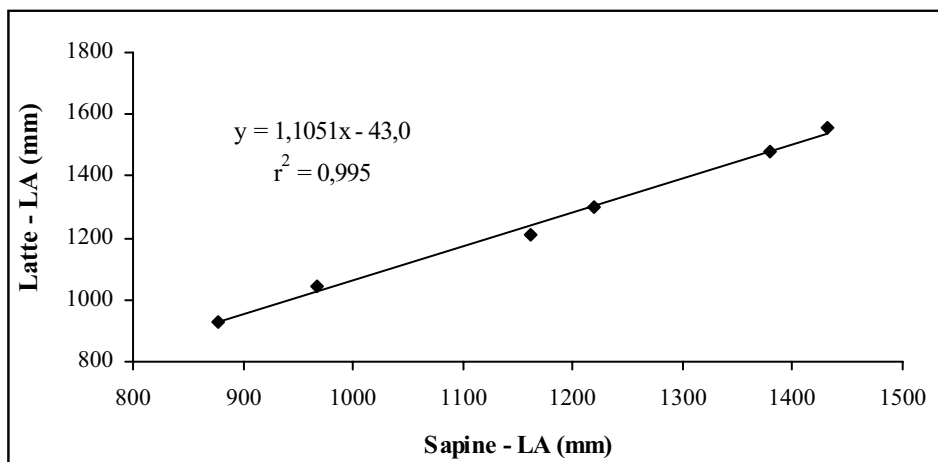


Figure 11 - Relation entre les lames d'eau écoulées annuelles (LA) des bassins versants de la Latte et de la Sapine de juillet 1981 à juin 1987.

*et al.*, 2000 ; A.L. COGNARD-PLANCQ *et al.*, 2001 ; J. BUCHTELE *et al.*, 2002 ; B. GRAFF *et al.*, 2003). Elles ont utilisé différents modèles. Les résultats de ces travaux ne seront que

rapidement évoqués, car ils apportent peu d'informations sur les problèmes traités dans le présent article.



#### IV - IMPACT DE LA COUPE SUR LES ÉCOULEMENTS ANNUELS

##### 1) Les doubles cumuls

Les doubles cumuls réalisés en vue de déceler une évolution dans les écoulements annuels du bassin versant de la Latte avant et après la coupe sont présentés sur les figures 12 à 14. Les droites de régression portées sur ces figures sont établies pour la période avant coupe (juillet 1981 à juin 1987).

La modification des écoulements sur le bassin versant de la Latte, entre la période avant la coupe et celle après la coupe, est perceptible, bien qu'elle apparaisse parfois très modeste (Fig. 12). Les comparaisons entre les écoulements mesurés après la coupe avec ceux prévus à l'aide des régressions établies à partir des données recueillies avant la coupe, fournissent les résultats présentés dans le tableau II.

Toutes les régressions font ressortir une augmentation des écoulements immédiatement après la coupe.

La diminution très forte des écoulements indiquée, pour la période 1999-02, par l'équation de régression entre les lames d'eau écoulées et les précipitations du bassin de la Latte amène à

penser que la croissance de la végétation a provoqué une augmentation sensible du pouvoir de captation du pluviographe de la Latte à partir de 2000-01 (voir Tab. I), l'appareil bénéficiant d'une meilleure protection contre le vent.

Les régressions entre les lames d'eau écoulées par des bassins versants voisins sont *a priori* beaucoup plus satisfaisantes, car elles intègrent à la fois la répartition des pluies dans l'année et le comportement des bassins versants. Selon ces régressions, sur la période 1987-95, les écoulements du bassin de la Latte auraient subi une augmentation de 6,9 % (comparaison avec le bassin de la Sapine) ou 12,6 % (comparaison avec le bassin des Cloutasses). Sur la période 1981-02, les augmentations seraient respectivement de 5,5 et 9,8 %.

Sur la période 1981-87, les écoulements du bassin de la Latte sont liés de façon plus étroite avec ceux du bassin de la Sapine qu'avec ceux du bassin des Cloutasses (Fig. 10 et 11). Mais celui-ci est beaucoup plus proche et reçoit donc chaque année des précipitations peu différentes de celles du bassin de la Latte. Sur la période 1981-02, les coefficients de détermination  $r^2$  entre les précipitations annuelles sur le bassin de la Latte et sur les deux autres bassins atteignent 0,990 dans le cas des Cloutasses et 0,947 seulement dans celui de la Sapine. Ainsi l'augmentation des écoulements du bassin de la

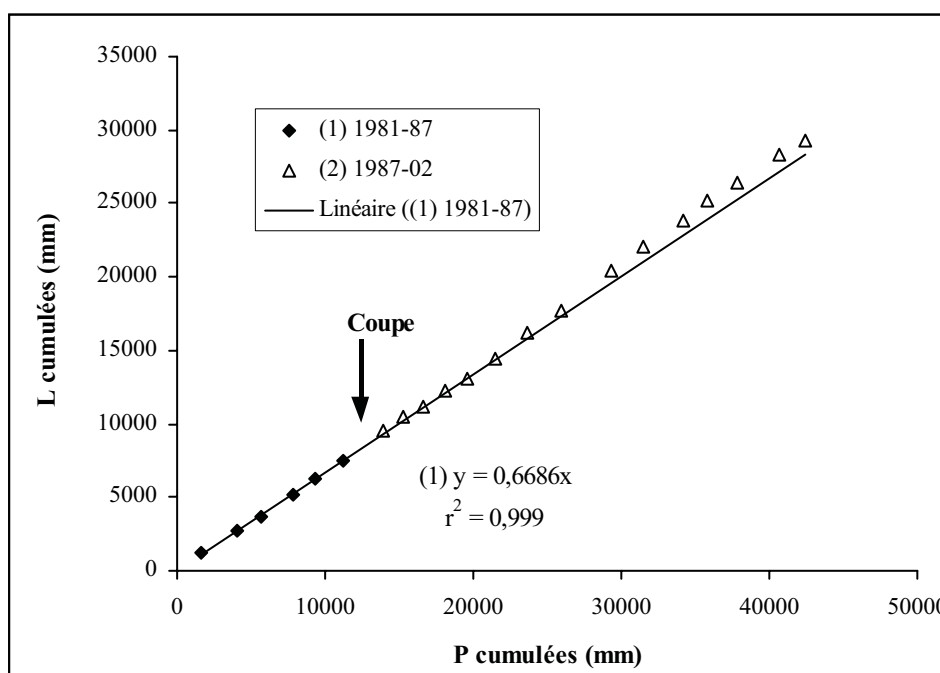


Figure 12 - Double cumul des précipitations (P) et des lames d'eau écoulées (L) annuelles du bassin versant de la Latte sur la période juillet 1981-juin 2002.

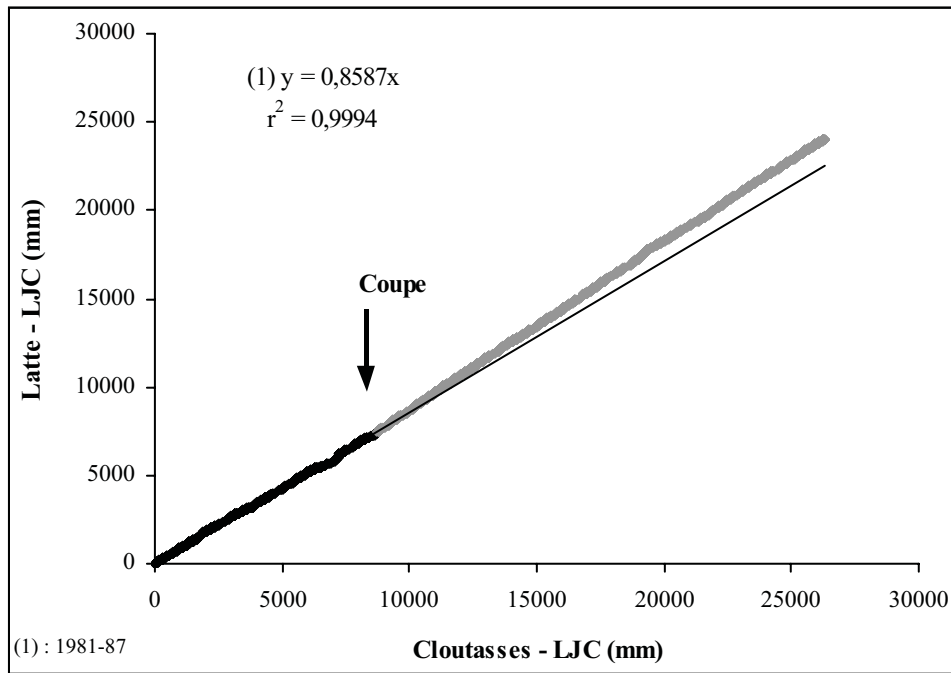


Figure 13 - Double cumulé des lames d'eau écoulées journalières (LJC) des bassins versants de la Latte et des Cloutasses sur la période juillet 1981 - juin 2002.

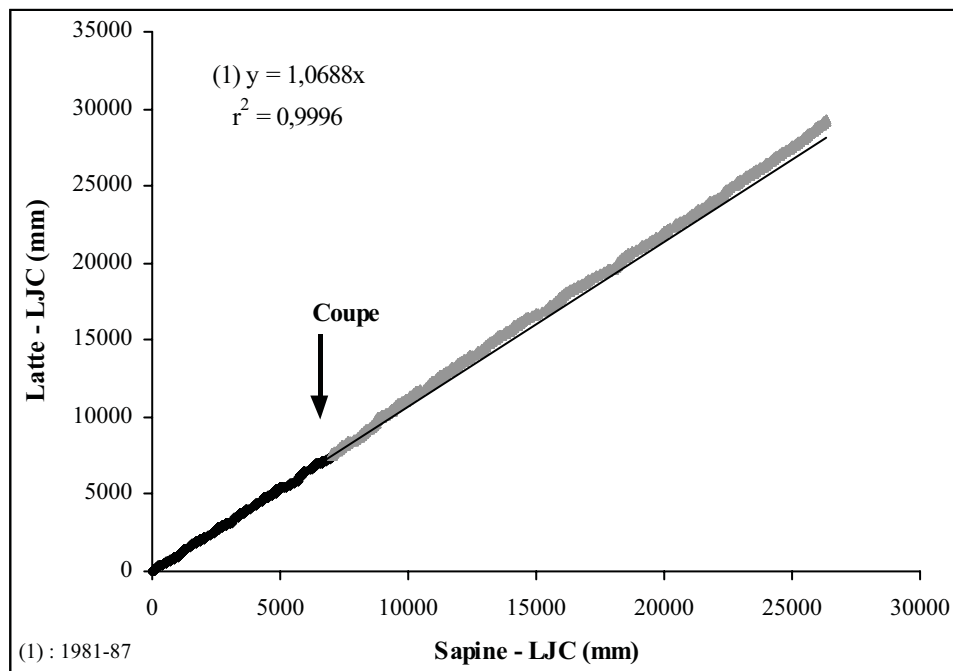


Figure 14 - Double cumulé des lames d'eau écoulées journalières (LJC) des bassins versants de la Latte et de la Sapine sur la période juillet 1981 - juin 2002.

Latte trouvée pour la période 1999-02 à partir de la régression établie avec les écoulements du bassin de la Sapine, résulte-t-elle de la modestie des précipitations, et donc des écoulements mesurés, sur ce dernier bassin en 2000-01 (Latte : P = 2715 mm, L = 1916 mm ; Sapine : P = 2347 mm, L = 1630 mm) et en 2001-02 (Latte :

P = 1759 mm, L = 915 mm ; Sapine : P = 1404 mm, L = 645 mm).

Pour autant, il est impossible d'affirmer que la comparaison entre le bassin de la Latte et celui des Cloutasses est plus fiable que celle avec le bassin de la Sapine. En effet, il n'y a pas de

Tableau II - Estimations de la modification des écoulements annuels du bassin versant de la Latte en relation avec la coupe des épicéas.

Régression utilisée	1987-95	1995-02	1999-02	1987-02
LAC Latte - PAC Latte * $y = 0,6686x ; r^2 = 0,999$	+ 4,16 %	+ 4,61 %	- 7,54 %	+ 4,40 %
LJC Latte - LJC Cloutasses ** $y = 0,8587x ; r^2 = 0,9994$	+ 12,60 %	+ 7,39 %	+ 6,21 %	+ 9,77 %
LJC Latte - LJC Sapine ** $y = 1,0688x ; r^2 = 0,9996$	+ 6,94 %	+ 4,29 %	+ 10,27 %	+ 5,52 %

LAC : lames d'eau écoulées annuelles cumulées. PAC : précipitations annuelles cumulées. LJC : lames d'eau journalières cumulées. LMC : lames d'eau mensuelles cumulées. Le principe de la méthode repose sur la comparaison de la différence entre les lames d'eau cumulées mesurées au début et à la fin de la période considérée, avec la différence entre les lames d'eau cumulées calculées pour le début et la fin de la période.

distorsion nette entre les doubles cumuls des précipitations (Fig. 15 et 16). Soulignons, en particulier, que le déplacement du pluviographe de la Latte effectué en 1989, se traduit, dans les deux cas, par une très légère diminution des précipitations mesurées à ce poste.

La modélisation des écoulements du bassin de la Latte en fonction des précipitations, réalisée à l'aide du modèle GRHum, débouche sur une estimation de l'augmentation des écoulements après la coupe (sur la période 1987-98) de l'ordre de 10 % (A.L. COGNARD-PLANCQ *et al.*, 2001). TOP MODEL, en revanche, s'est révélé mal adapté aux conditions des bassins versants du Mont-Lozère (V. MARC *et al.*, 2000).

## 2 ) Les équations de régression entre les lames d'eau écoulées annuelles

Les équations liant sur la période 1981-87 les écoulements annuels du bassin versant de la Latte à ceux des deux autres bassins (Fig. 10 et 11) permettent d'estimer les écoulements que ce bassin versant aurait connus sur la période 1987-02 s'il n'avait pas subi la coupe forestière.

Sur les figures 17 à 20, sont portés les écarts relatifs entre les valeurs calculées à l'aide des équations de régression et les valeurs mesurées. Les écarts sont exprimés en % des valeurs calculées. Les figures 17 et 19 présentent les résultats en relation avec le facteur temps, et les figures 18 et 20 en relation avec les conditions hydrologiques (traduites par les écoulements sur le bassin référence).

Quel que soit le bassin référence, les données mettent en évidence un accroissement

des écoulements après la coupe (Fig. 17 et 19). Au cours des cinq premières années après le début de la coupe, tous les écarts relatifs sont positifs. Certains écarts sont ensuite négatifs, bien que des écarts positifs très forts soient enregistrés jusqu'en 2001-02.

Sur les figures 18 et 20, seule la période 1981-87 se distingue nettement, par le positionnement des points près de l'axe des abscisses. Les points correspondant aux périodes 1987-95 et 1995-02 forment un même ensemble qui associe des écarts positifs élevés et des écarts plus faibles, voire légèrement négatifs. Les écarts apparaissent inversement proportionnels à l'abondance des écoulements sur le bassin référence. Cela est particulièrement évident dans le cas de la comparaison avec le bassin des Cloutasses.

Si l'on exprime l'impact de la coupe sur les écoulements du bassin de la Latte en épaisseur de la lame d'eau écoulee, l'excès d'écoulement annuel moyen sur la période 1987-02 est évalué, à partir des régressions entre les lames d'eau écoulées annuelles, à 109 mm (avec un écart-type de 105 mm) en prenant comme référence le bassin des Cloutasses et à 73 mm (avec un écart-type de 117 mm) en prenant comme référence le bassin de la Sapine.

## V - ÉTUDE DES CRUES

Les bassins versants du Mont-Lozère connaissent des crues extrêmement violentes. Ces crues, dites " cévenoles " correspondent à des épisodes pluviométriques suffisamment abondants pour assurer la saturation en eau quasi totale des

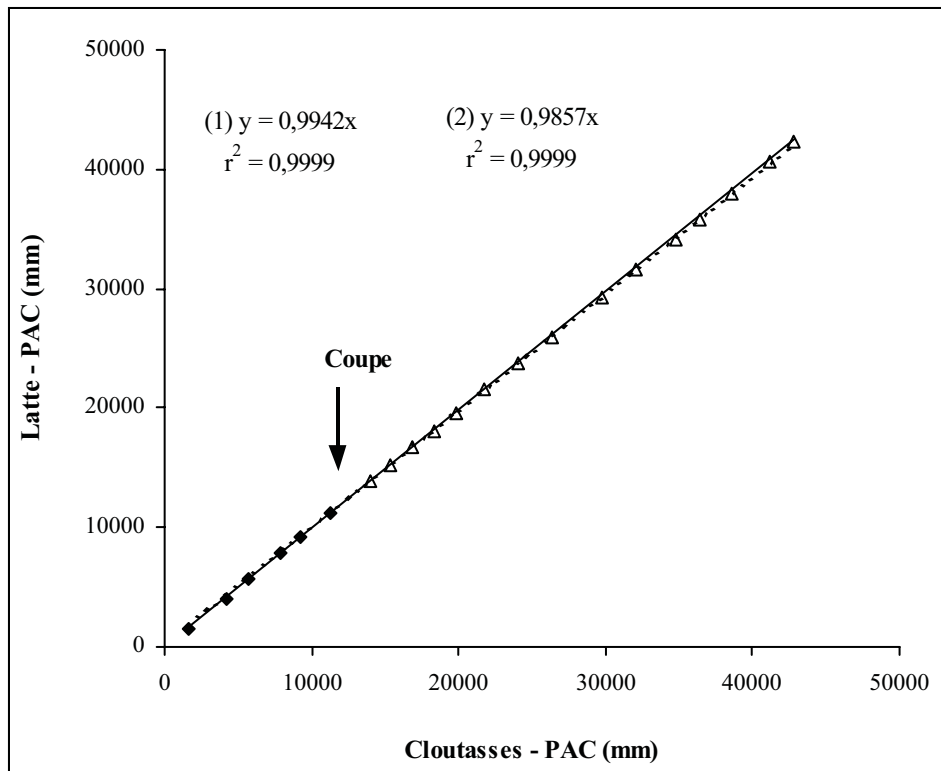


Figure 15 - Double cumul des précipitations annuelles (PAC) sur bassins versants de la Latte et des Cloutasses sur la période juillet 1981 - juin 2002.

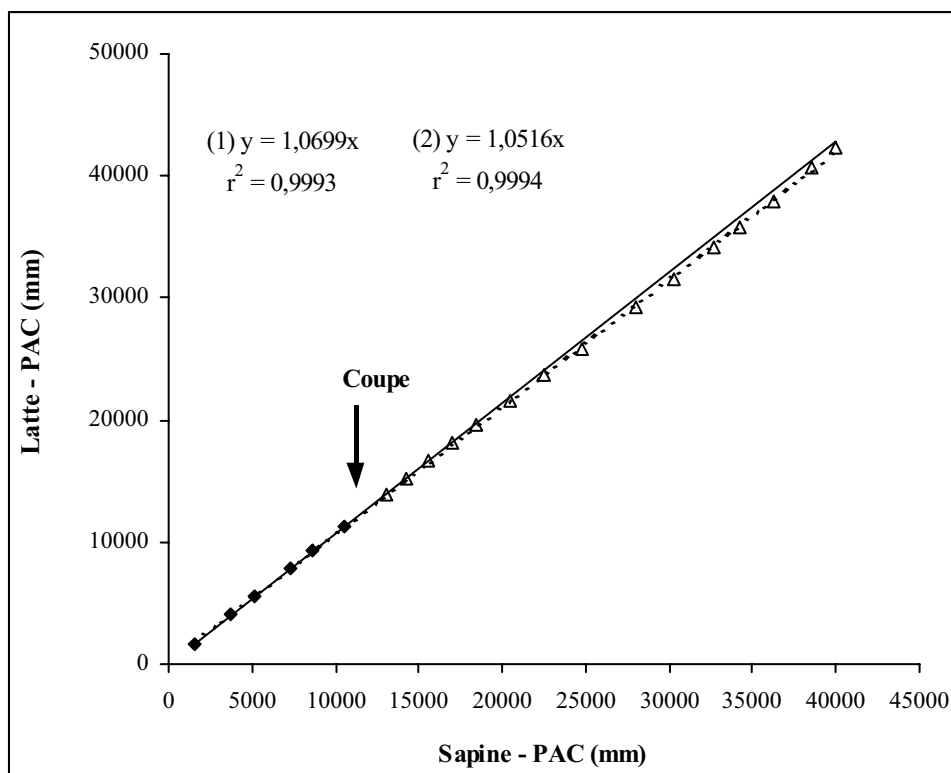
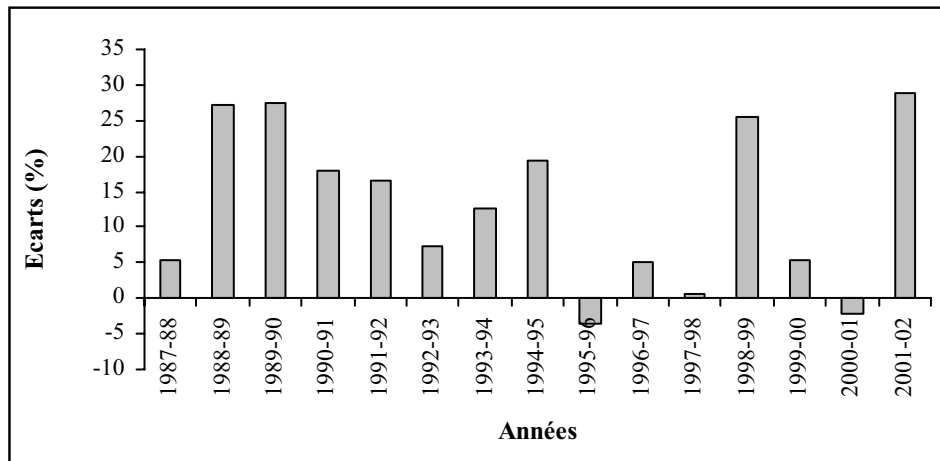


Figure 16 - Double cumul des précipitations annuelles (PAC) sur bassins versants de la Latte et de la Sapine sur la période juillet 1981 - juin 2002.



$$\text{Écart} = [100 \times (\text{écoulement calculé} - \text{écoulement mesuré})] / \text{écoulement mesuré}.$$

Figure 17 - Écarts relatifs entre les valeurs annuelles des écoulements du bassin de la Latte calculées, en utilisant la relation avec le bassin des Cloutasses sur la période 1981-87, et mesurées.

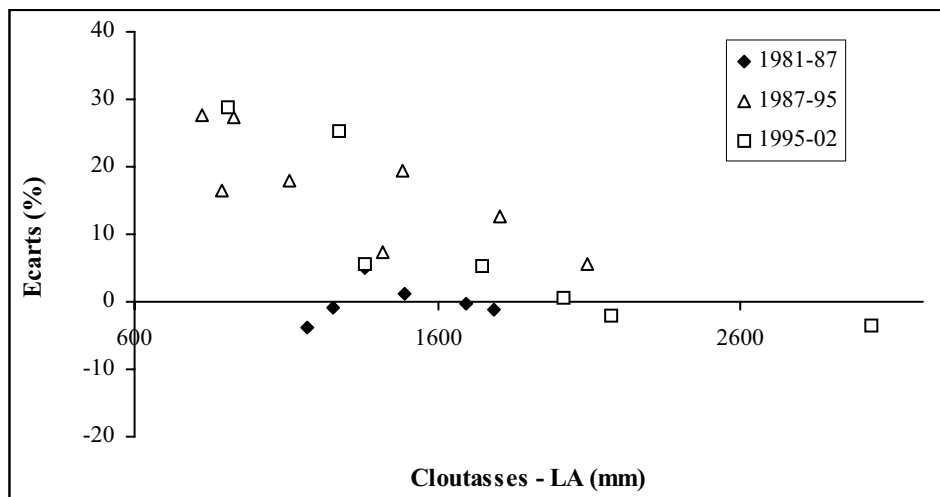


Figure 18 - Représentation en fonction des écoulements du bassin des Cloutasses, des écarts relatifs entre les valeurs annuelles des écoulements du bassin de la Latte calculées, en utilisant la relation avec le bassin des Cloutasses sur la période 1981-87, et mesurées (voir Fig. 17).

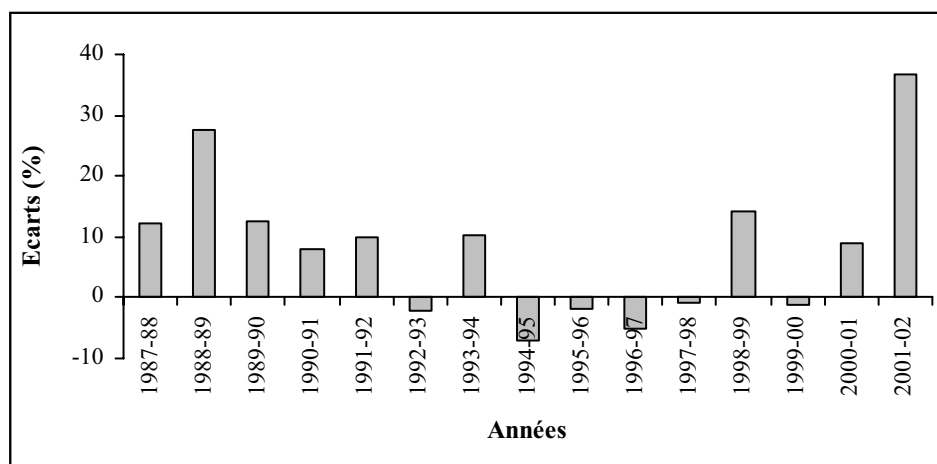
bassins versants. À l'échelle des bassins étudiés, les épisodes de ce type ont une fréquence annuelle.

### 1) Caractères généraux des crues

Les réponses hydrologiques aux précipitations sont évidemment fonction de l'abondance des pluies et des caractéristiques des bassins versants. En traitant les crues les plus violentes (48 pointes de crue sélectionnées sur 16 années d'observation), J. LAVABRE a déterminé les débits pour les périodes de retour annuelle et décennale (J. LAVABRE *et al.*, 1999). Les débits spécifiques de fréquence annuelle (selon la

formule de A. HAZEN, 1930) s'établissent à  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  pour le bassin de la Latte,  $1,3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  pour le bassin de la Sapine et  $1,4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  pour celui des Cloutasses. L'ordre est inversé pour les débits de fréquence décennale qui atteignent respectivement 3,3 , 3,15 et  $2,7 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .

Le tableau III et les figures 21 à 23 comparent les débits des trois ruisseaux pour des épisodes de fortes crues. Le ruisseau de la Latte a connu les débits spécifiques de pointe les plus forts en novembre 1984 ( $2,1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) et en novembre 1994 ( $2,8 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) et une valeur proche de celle du ruisseau des Cloutasses en septembre 1992 (8,0 contre  $8,1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ; mais



$$\text{Écart} = [100 \times (\text{écoulement calculé} - \text{écoulement mesuré})] / \text{écoulement mesuré}.$$

Figure 19 - Écarts relatifs entre les valeurs annuelles des écoulements du bassin de la Latte calculées, en utilisant la relation avec le bassin de la Sapine sur la période 1981-87, et mesurées.

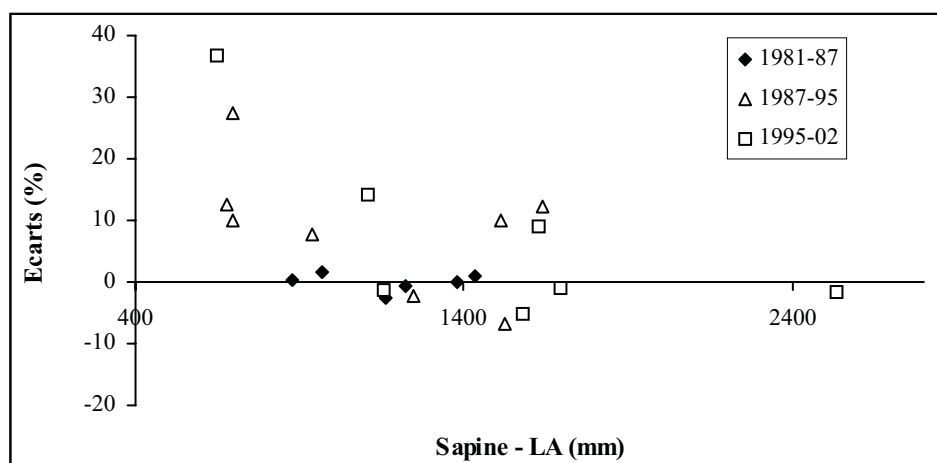


Figure 20 - Représentation en fonction des écoulements du bassin de la Sapine, des écarts relatifs entre les valeurs annuelles des écoulements du bassin de la Latte calculées, en utilisant la relation avec le bassin de la Sapine sur la période 1981-87, et mesurées (voir Fig. 19).

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

Épisode		Latte	Cloutasses	Sapine
5-7 novembre 1984 (avant la coupe)	P (3 j) :	381	391	353
	Qis max. :	2,06	1,80	1,64
21-22 septembre 1992 (après la coupe)	P (2 j) :	310	329	334
	Qis max. :	8,00	8,11	5,01
5-8 novembre 1994 (après la coupe)	P (4 j) :	500	488	472
	Qis max. :	2,81	2,78	2,54

P : précipitations sur les bassins versants (en mm). (x j) : nombre de jours de pluie. Qis max. : débits instantanés spécifiques en pointe de crue (en  $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ).

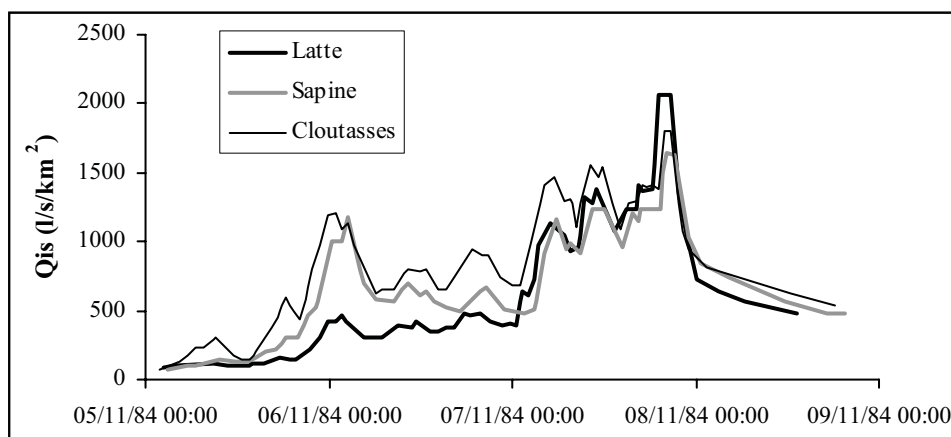


Figure 21 - Crues du 5 au 7 novembre 1984 (avant la coupe).

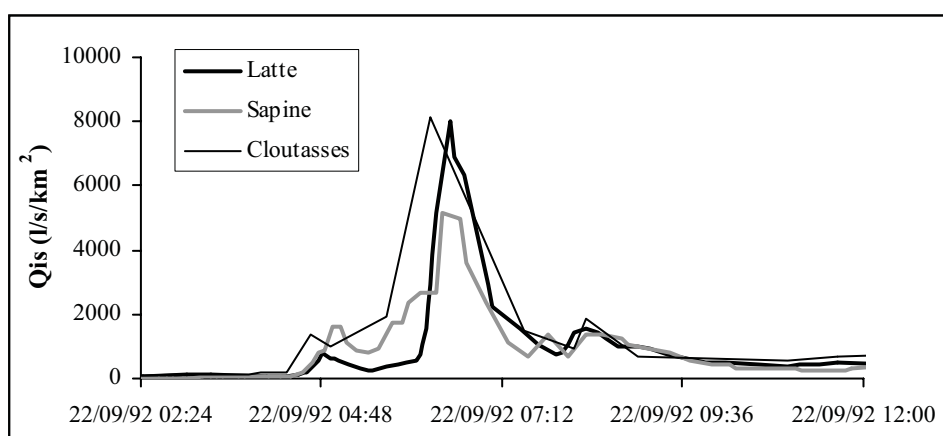


Figure 22 - Crue du 22 septembre 1992 (après la coupe).

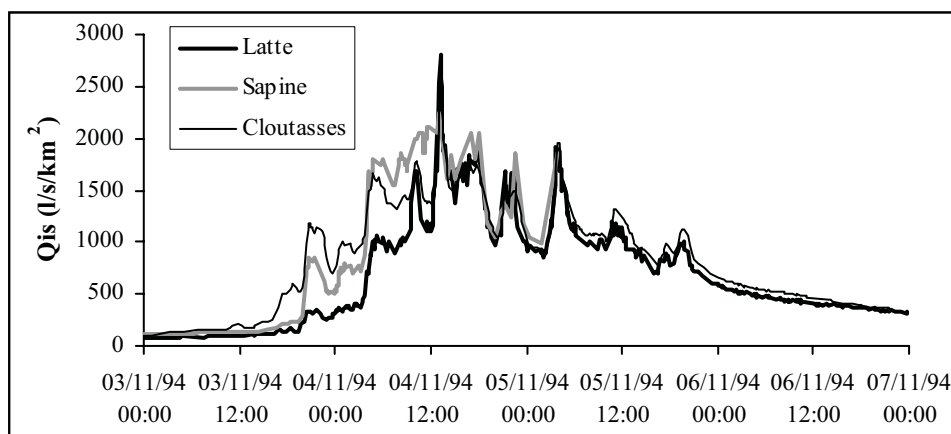


Figure 23 - Crues du 3 au 5 novembre 1994 (après la coupe).

pour ces débits, les courbes de tarage sont largement extrapolées). Pourtant, dans les trois cas étudiés, la réponse du bassin de la Latte a été retardée par rapport à celles des deux autres bassins. À cet égard, il n'y a pas de différence sensible entre les périodes avant et après la coupe des épicéas.

## 2) Impact de la coupe sur les débits 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 respectivement supérieures à 30 et à 25,9 mm sur les bassins des Cloutasses et de la Sapine) ne met en évidence aucune augmentation des écoulements en très hautes eaux du bassin de la Latte après la coupe (Fig. 24 et 25). Cette observation, qui serait surprenante sur d'autres terrains (C. MARTIN et J. LAVABRE, 1997), s'explique ici par la forte perméabilité des sols. On peut cependant s'étonner qu'après la coupe, les doubles cumuls passent en dessous des droites établies sur la période avant coupe. Mais il est vrai que la méthode d'investigation présente des limites :

- D'une part, les épisodes de crue sont peu nombreux. Pour le bassin des Cloutasses, le nombre de jours où la lame d'eau écoulee a dépassé 30 mm de juillet 1981 à juin 2002, s'est élevé à 132. Ces épisodes ont assuré 22,0 % des écoulements totaux. Sur la période avant coupe, 28 jours de "hautes eaux" ont été observés. Ainsi les régressions entre les bassins versants sont-elles établies sur un petit nombre de données.
- D'autre part, les crues sont générées par des pluies très violentes dont la répartition spatiale peut être plus ou moins hétérogène d'un épisode à l'autre.
- Enfin, les bassins versants ne répondent pas tous de la même manière au signal pluie. Le bassin des Cloutasses est le plus réactif, alors

que celui de la Latte a toujours la réponse la plus tardive. En fonction de la durée de l'épisode pluvieux et de l'abondance des précipitations, les écarts entre les valeurs journalières des écoulements des deux bassins versants seront donc différents. Les précipitations relativement modestes enregistrées de 1988-89 à 1991-92 ont sans doute contribué à accroître les effets de la mollesse de la réponse hydrologique du bassin versant de la Latte au début de chaque pluie. Toutefois les années suivantes ont été très arrosées sans que les déficits soient compensés.

Une étude utilisant le modèle GRHum (A.L. 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. Pour expliquer l'impact de la coupe sur les "petites crues", l'un d'entre nous (C. COSANDEY, 1993) a privilégié le rôle des ravines formées à la suite des travaux, lesquelles facilitent l'évacuation des eaux les plus superficielles des nappes de versant.

En fait, l'augmentation des écoulements de crue de faible et moyenne importance s'explique

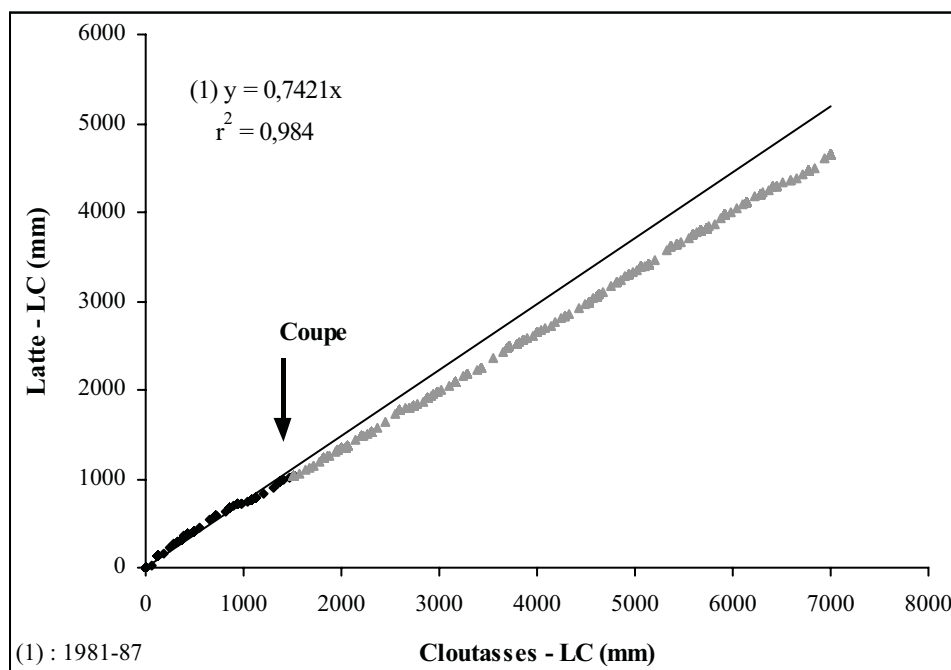


Figure 24 - Double cumulo des lames d'eau écoulées (LC) par les bassins versants de la Latte et des Cloutasses les jours où l'écoulement du bassin des Cloutasses a dépassé 30 mm.



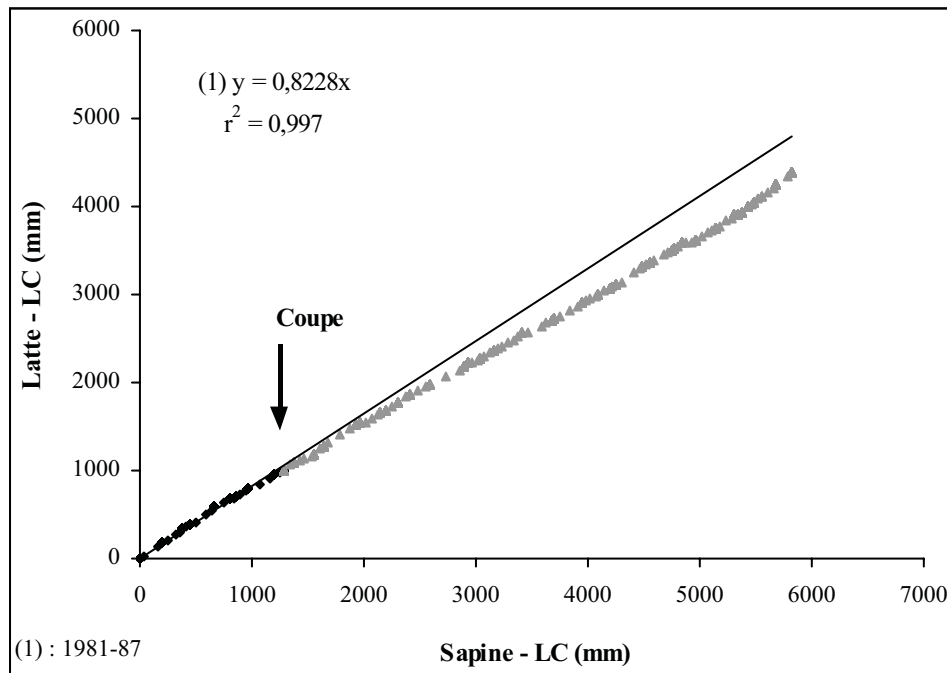


Figure 25 - Double cumul des lames d'eau écoulées (LC) par les bassins versants de la Latte et de la Sapine les jours où l'écoulement du bassin de la Sapine a dépassé 25,9 mm.

certainement par la combinaison de plusieurs facteurs :

- le ruissellement sur les pistes nouvellement ouvertes,
- le drainage des nappes de versant par ces pistes et par les ravines creusées après la coupe,
- la réduction de l'interception des pluies par les végétaux (habituellement forte dans le cas des épicéas, l'interception pourrait être plus faible sur le bassin de la Latte, en raison des brouillards ; J.F. DIDON-LESCOT, 1996),
- et la diminution de l'évapotranspiration, qui laisse plus d'eau dans le bassin versant à l'amorce de chaque épisode pluvieux.

### 3 ) Les débits 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 plus forts (Fig. 26). 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.

### 4 ) La genèse des crues cévenoles

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 le résultat de l'extension des zones actives à partir des sommets (C. COSANDEY, 1994). La connexion de ces zones avec le réseau de drainage, qui se produirait au delà d'un seuil de volume d'eau stocké dans le bassin versant, provoquerait la montée brutale des débits. Ce seuil correspondrait à un débit évalué à 60 l/s environ, lequel a été atteint pour des précipitations de l'ordre de 200 mm, après une période sèche, en septembre 1992.

Cependant les conditions géomorphologiques donnent à penser que la saturation en eau des formations superficielles est susceptible d'assurer l'alimentation des ravines et des pistes avant même le déclenchement du ruissellement superficiel. À cet égard, on notera qu'en décrue, les écoulements rapides sur les versants cessent pour un débit du ruisseau de la Latte de 130 l/s environ, beaucoup plus fort que celui à partir

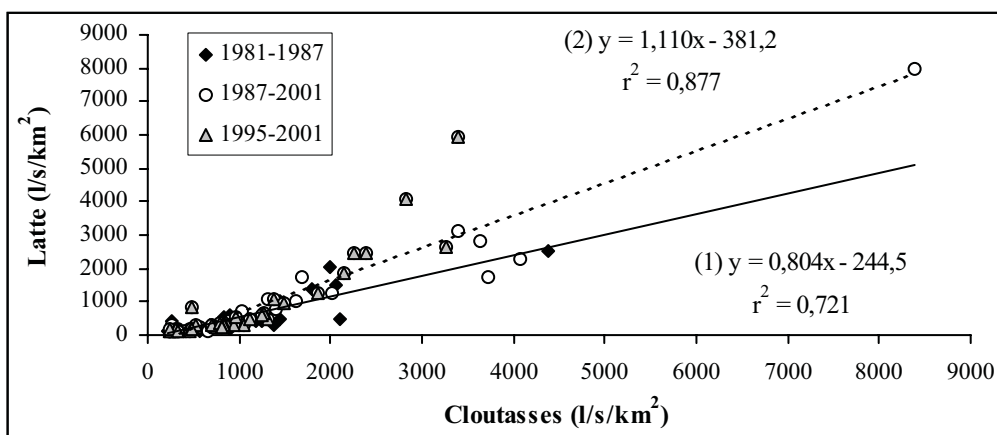


Figure 26 - Comparaison des débits spécifiques de pointe de crue maximaux mensuels des ruisseaux de la Latte et des Cloutasses sur la période août 1981- décembre 2001.

duquel l'écoulement du ruisseau réagit brutalement aux pluies en montée de crue (valeur variable d'un épisode à l'autre, mais inférieure à 70 l/s). Au début de la montée de crue, le bassin versant n'a donc pas encore un comportement homogène. De ce fait, au cours des périodes pendant lesquelles les débits dépassent 130 l/s, les lames d'eau écoulées restent inférieures aux précipitations (par exemple, les 7 et 8 novembre 1984 :  $P_{>130} = 170$  mm et  $L_{>130} = 103$  mm).

Les traçages chimiques et isotopiques réalisés sur le bassin de la Sapine (V. MARC *et al.*, 2001) ont montré l'importance des écoulements de sub-surface. Celle-ci a été 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 (voir Fig. 3). Lors de la crue du 20 octobre 2001 (Fig. 27), 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). Mais les décalages entre l'amorce de la montée de crue du ruisseau, l'engorgement du sol au piézographe 3, le premier pic de crue et l'engorgement du sol au piézographe 2, s'accordent avec l'hypothèse d'un comportement hétérogène du bassin versant.

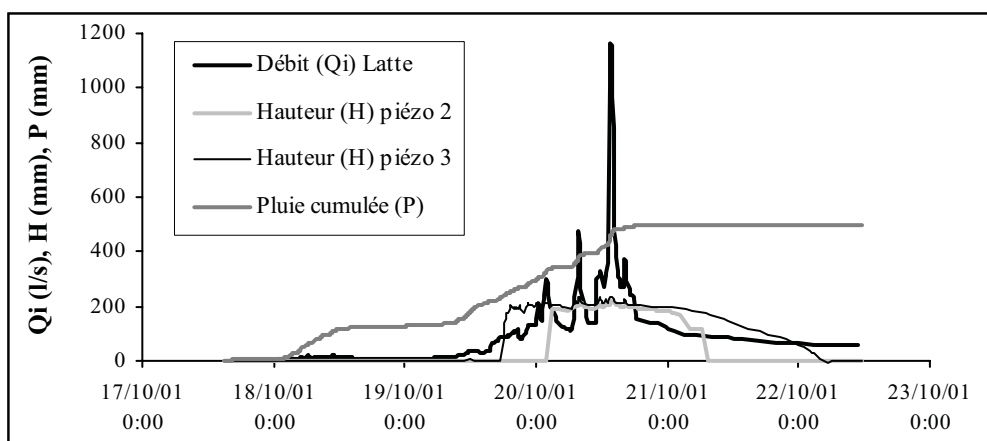


Figure 27 - Crue du 20 octobre 2001 sur le bassin versant de la Latte.

Il faut en outre indiquer que les précipitations d'une exceptionnelle violence permettent le déclenchement plus rapide des montées de crue. Ce fut le cas le 22 septembre 1993

(Fig. 28). Ce jour là, le bassin de la Latte a reçu des précipitations de 280 mm. Le pic de crue principal (816 l/s) s'est produit à 13h10 (pluies cumulées : 218 mm). Les pluies tombées entre

13h10 et 14h02 (39 mm) n'ont pas empêché une rapide décrue (débit de 96 l/s à 14h00). Jusqu'au pic de crue principal, les précipitations ont été extrêmement violentes, avec des intensités maximales sur cinq minutes de 140 mm/h. Mais, même dans ce cas, la transformation des pluies en débits reste sous la dépendance de l'état d'engorgement du bassin versant. En effet, les intensités les plus fortes n'ont pas généré les débits les plus élevés. Elles ont été enregistrées de 10h36 à 11h10 (25 minutes avec des intensités supérieures à 95 mm/h, dont 16 minutes avec des intensités supérieures à 125 mm/h ; intensité moyenne : 107 mm/h ; intensité maximale sur

une minute : 190 mm/h). La pointe de crue engendrée par cette averse s'est produite à 11h15, après des précipitations cumulées de 104 mm. Le débit n'a atteint que 142 l/s. Le second pic de crue secondaire et le pic de crue principal ont été provoqués par des abats d'eau moins violents, mais tombant sur un bassin de plus en plus largement saturé. Au cours des 34 minutes qui ont précédé la pointe de crue principale (valeur instantanée de l'écoulement : 15 mm/h), les intensités ont dépassé 95 mm/h pendant 13 minutes et 125 mm/h pendant 5 minutes (intensité moyenne : 73 mm/h ; intensité maximale sur une minute : 127 mm/h).

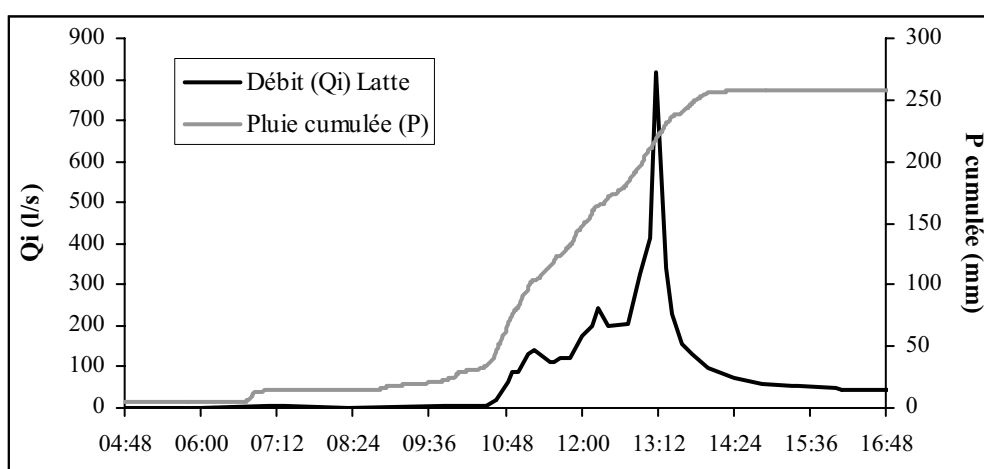


Figure 28 - Crue du 22 septembre 1993 sur le bassin versant de la Latte.

## VI - INFLUENCE DE LA COUPE SUR LES BASSES EAUX

L'étude des basses eaux a porté, pour la relation entre les bassins de la Latte et des Cloutasses, sur les jours où ce dernier a écoulé une lame d'eau inférieure à 5 mm (Fig. 29) et, pour la relation entre les bassins de la Latte et de la Sapine, sur les jours où le bassin de la Sapine a écoulé une lame d'eau inférieure à 4,2 mm (Fig. 30). La valeur limite a été choisie de façon arbitraire pour le bassin des Cloutasses. Pour celui de la Sapine, elle a été déterminée en appliquant à la valeur limite du bassin des Cloutasses l'équation de la droite de régression entre les écoulements journaliers des bassins de la Sapine et des Cloutasses. Les écoulements du bassin de la Latte sélectionnés par cette démarche représentent 34,2 % de la lame d'eau écoulée de juillet 1981 à juin 2002 dans le cas de la comparaison avec le bassin des Cloutasses, et

34,8 % dans le cas de la comparaison avec le bassin de la Sapine.

Les estimations de l'évolution des écoulements en basses eaux du bassin versant de la Latte à la suite de la coupe, obtenues à partir de l'examen des doubles cumuls avant et après coupe, sont présentées dans le tableau IV.

Les résultats apparaissent très contrastés. Sur la période 1987-02, selon la comparaison avec le bassin des Cloutasses, l'augmentation des écoulements en moyennes et basses eaux du bassin de la Latte représenterait 49,1 % de l'accroissement de l'ensemble des écoulements après la coupe. En revanche, l'augmentation de ces écoulements serait très faible selon la comparaison avec le bassin de la Sapine. La même opposition des résultats se manifeste si l'on considère des lames d'eau journalières inférieures à 2,0 mm pour le bassin des Cloutasses et 1,6 mm pour celui de la Sapine.

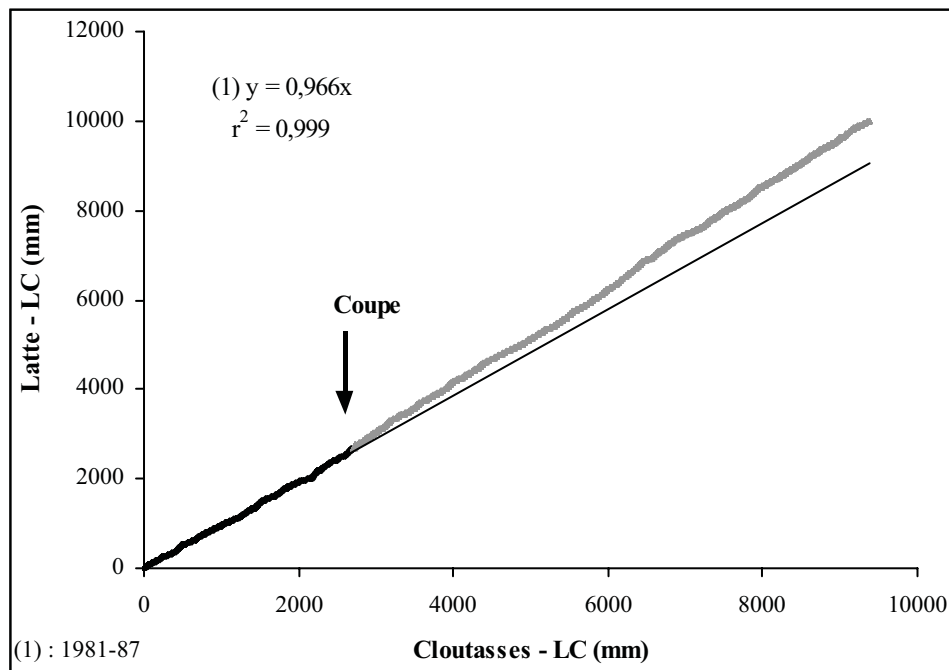


Figure 29 - Double cumulus des lames d'eau écoulées (LC) par les bassins versants de la Latte et des Cloutasses les jours où l'écoulement du bassin des Cloutasses a été inférieur à 5 mm.

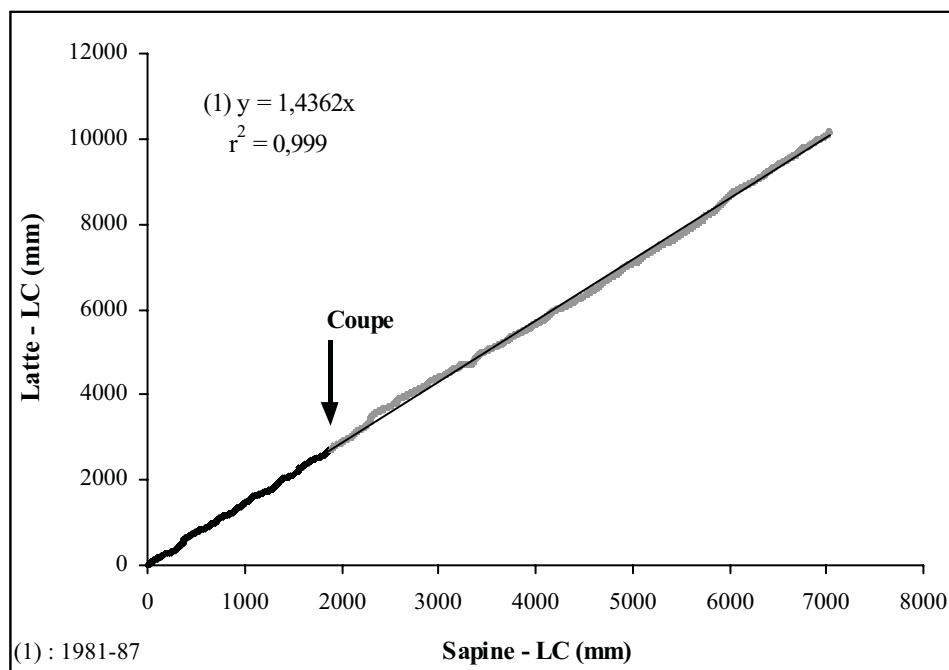


Figure 30 - Double cumulus des lames d'eau écoulées (LC) par les bassins versants de la Latte et de la Sapine les jours où l'écoulement du bassin de la Sapine a été inférieur à 4,2 mm.

Tableau IV - Estimations de la modification des écoulements en basses eaux du bassin versant de la Latte en relation avec la coupe des épicéas.

Régression utilisée	Période considérée		
	1987-95	1995-02	1987-02
Latte - Cloutasses : $y = 0,96697x$ ; $r^2 = 0,999$	+ 11,7 %	+ 12,2 %	+ 11,9 %
Latte - Sapine : $y = 1,4362x$ ; $r^2 = 0,999$	- 2,1 %	+ 5,8 %	+ 1,2 %

En considérant les écoulements des jours pour lesquels les lames d'eau écoulées sont inférieures à 0,3 mm sur le bassin des Cloutasses, la méthode du double cumul témoigne en faveur d'une forte influence de la coupe sur les débits d'étiage du bassin de la Latte (Fig. 31). Mais la comparaison avec le bassin de la Sapine ne

confirme pas totalement ce résultat (Fig. 32). Il faut cependant noter que la crue de novembre 1994, a obligé à remettre en place l'échelle limnimétrique de la station de la Sapine. Il n'est pas impossible qu'un léger détarage de la station se soit alors produit et qu'il influence sensiblement les données en étiage.

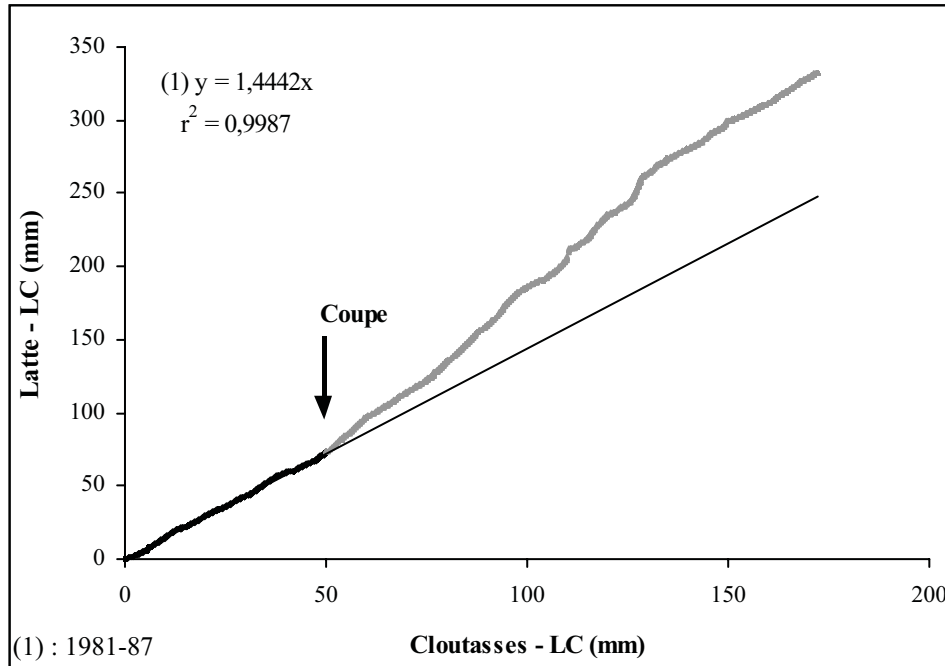


Figure 31 - Double cumul des lames d'eau écoulées par les bassins versants de la Latte et des Cloutasses les jours où l'écoulement du bassin des Cloutasses a été inférieur à 0,3 mm.

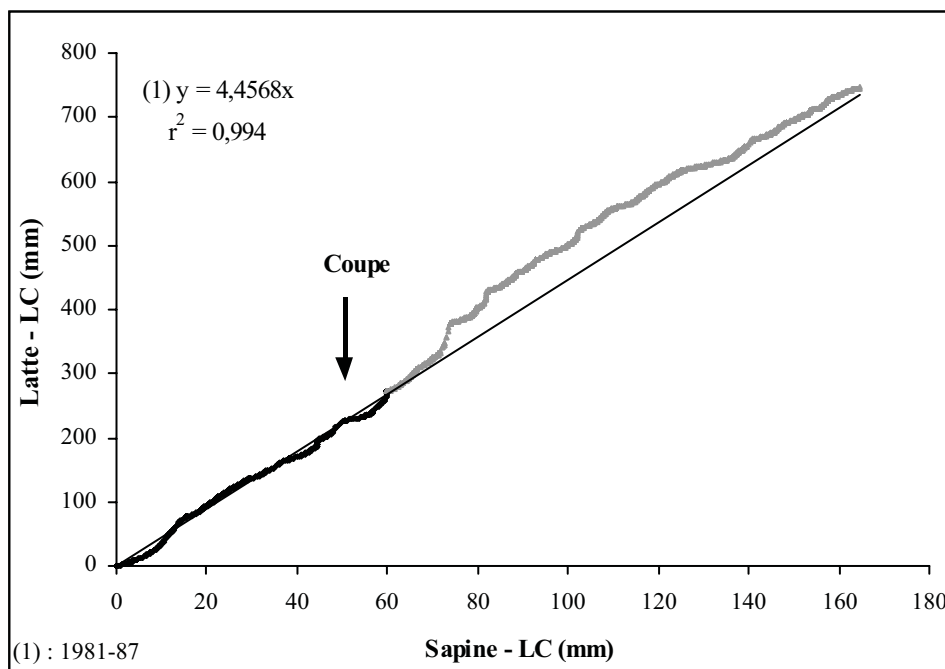


Figure 32 - Double cumul des lames d'eau écoulées par les bassins versants de la Latte et de la Sapine les jours où l'écoulement du bassin de la Sapine a été inférieur à 0,3 mm.

## VII - CONCLUSION

La comparaison des données du bassin versant de la Latte avec celles des bassins des Cloutasses et de la Sapine a permis de dégager les grandes tendances de la modification des comportements hydrologiques de ce bassin versant à la suite de la coupe à blanc qu'il a subie de 1987 à 1989.

La coupe a provoqué un accroissement des écoulements que l'on peut estimer à 5,5 % (comparaison avec la Sapine) ou à 9,8 % (comparaison avec les Cloutasses) sur la période 1987-02. Selon la comparaison avec le bassin versant des Cloutasses, la lame d'eau écoulée en excès à la suite de la coupe avoisinerait, en moyenne, 120 mm/an (en utilisant la régression entre les écoulements annuels) ou 130 mm/an (par la méthode du double cumul). D'une année à l'autre, les écarts absolus entre les écoulements effectivement mesurés sur le bassin de la Latte et les valeurs correspondant au fonctionnement qui prévalait avant la coupe, varient fortement. Ces fluctuations interannuelles apparaissent liées aux conditions hydrologiques. Mais elles se situent aux limites de fiabilité de l'approche hydrologique.

En dépit de la mise à nu des sols, les écoulements de crue n'ont pas subi d'augmentation perceptible. Même sous les averses les plus violentes, la perméabilité des sols est suffisamment élevée pour empêcher le développement d'un ruissellement superficiel généralisé sur les versants. Celui-ci ne peut se déclencher qu'après saturation totale des profils, donc pour des pluies extrêmement abondantes pendant lesquelles l'interception d'eau par le couvert végétal ne peut jouer qu'un rôle tout à fait secondaire. Lors des crues les plus fortes, les différences de comportement entre les bassins versants sont surtout déterminées par la disposition du réseau hydrographique et par la capacité de stockage d'eau des altérites et des sols.

En ce qui concerne les écoulements journaliers moyennement abondants et faibles, les résultats obtenus se révèlent contradictoires. La comparaison avec le bassin des Cloutasses pour les jours où les lames d'eau écoulées par ce bassin versant ont été inférieures à 5 mm, montre une forte augmentation des écoulements du bassin de la Latte après la coupe, de l'ordre de 12 %. D'après la comparaison avec le bassin versant de la Sapine, en revanche, aucune

modification ne se serait produite à la suite de la coupe pour les jours où les lames d'eau écoulées par ce bassin versant ont été inférieures à 4,2 mm. Les résultats sont également divergents pour les jours où les lames d'eau évacuées des bassins références n'ont pas dépassé 0,3 mm. Mais il est vrai que, dans ce cas, un problème météorologique peut être envisagé pour le bassin de la Sapine (remise en place de l'échelle en novembre 1994).

En dépit des difficultés à mettre clairement en évidence des modifications de comportement qui, sur les bassins versants très arrosés du Mont-Lozère, sont restées modestes en valeurs relatives, il convient de considérer comme certaine l'augmentation des écoulements du bassin versant de la Latte à la suite de la coupe de 80 % de la pessière.

Cette modification de comportement, liée à l'influence de la forêt sur l'évapotranspiration, semble encore se manifester 15 ans après la coupe. Mais il est étonnant que la végétation arbustive qui s'est largement développée au milieu des plantations de jeunes résineux, n'ait pas réduit l'impact de la coupe avec le temps. On peut donc se demander si le bassin versant des Cloutasses, dont l'utilisation comme bassin référence conduit aux plus fortes estimations de l'augmentation des écoulements du bassin de la Latte après la coupe, n'a pas lui-même subi une perturbation. De fait, il semble que, dans ce bassin versant, le couvert végétal se soit développé au cours des quinze dernières années, les landes à genêt s'étendant au détriment de la pelouse pâturée et une forêt de résineux envahissant progressivement la partie sommitale.

**Remerciements :** Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une convention avec le Parc national des Cévennes pour une étude intégrée du bassin versant du Haut-Tarn appliquée à la gestion des ressources en eau et des fonctionnements hydrobiologiques. Cette convention a été financée par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et par la DIREN Languedoc-Roussillon.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUDJEMLINE D. (1987) - *Susceptibilité au ruissellement et aux transports solides de sols à texture contrastée. Étude expérimentale au champ sous pluies simulées*. Thèse de 3<sup>ème</sup> Cycle, Univ. Orléans, 266 p.

- BUCHTELE J., BUCHTELOVÁ, MARTIN C. et DIDON-LESCOT J.F. (2002) - Investigation of runoff changes after deforestation – comparison of runoff in three experimental basins. *Conference : Interdisciplinary approaches in small catchment hydrology : monitoring and research*, ERB and Northern European FRIEND Project 5 (Demänovská dolina, Slovaquie, septembre 2002), p. 165-168.
- COGNARD-PLANCQ A.L., MARC V., DIDON-LESCOT J.F. et NORMAND M. (2001) - The role of forest cover on streamflow down sub-Mediterranean mountain watersheds : a modelling approach. *J. Hydrol.*, vol. 254, p. 229-243.
- COSANDEY C. (1993) - *Forêt et écoulements : rôle de la forêt sur la formation des crues et le bilan d'écoulement annuel ; impact d'une coupe forestière*. Rapport sectoriel de fin de contrat CEE, Meudon, 82 p.
- COSANDEY C. (1994) - Conséquences hydrologiques d'une coupe forestière. Le cas du bassin de la Latte (Mont-Lozère, France). In : *L'eau, la terre et les hommes*, Hommage à René FRÉCAUT, M. GRISELIN édit., Presses Universitaires de Nancy, 483 p.
- COSANDEY C., BOUDJEMLINE D., ROOSE É. et LELONG F. (1990) - Étude expérimentale du ruissellement sur des sols à végétation contrastée du Mont Lozère. *Zeit. für Géomorph.* N.F. vol. 34, n° 1, p. 61-77.
- COSANDEY C. et ROBINSON M. (2000) - *Hydrologie continentale*. Édit. Armand COLIN, 360 p.
- COSANDEY C., avec la collaboration de MARTIN C. et DIDON-LESCOT J.F. (2000) - *Forêts et écoulements. Étude des conséquences d'une coupe forestière sur le bilan d'écoulement annuel, les crues et les étiages*. Rapport pour le programme européen FOREX, 34 p.
- 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, 161 p.
- DURAND P. (1989) - *Biogéochimie comparée de trois écosystèmes (pelouse, hêtraie, pessière) de moyenne montagne granitique (Mont-Lozère, France)*. Thèse de l'Université d'Orléans, 193 p.
- GALÉA G. et BARBET D. (1992) - Influence de la couverture végétale sur l'hydrologie des crues du BVRE du mont Lozère. *Hydrol. Continent.*, vol. 1, p. 33-49.
- GRAFF B., FOUCHIER C., LAVABRE J., MATHYS N., D. RICHARD, C. MARTIN et É. SERVAT (2003) - Connaissance régionale des crues en milieu méditerranéen : contrôle des performances sur 3 bassins versants de recherche. In : *Hydrologie des régions méditerranéennes et semi-arides* (Montpellier, 2003), IAHS Publ., n° 278, sous presse.
- HAZEN A. (1930) - *Flood flows, a study of frequencies and magnitudes*. Édit. Wiley.
- HUMBERT J. et NAJJAR G. (1992) - *Influence de la forêt sur le cycle de l'eau en domaine tempéré. Une analyse de la littérature francophone*. Édit. CEREG, Univ. Louis PASTEUR - Strasbourg I, 85 p.
- LAVABRE J. et MARTIN C., avec la collaboration de DIDON-LESCOT J.F. (1999) - *Appréciation de l'impact des coupes forestières sur l'hydrologie et l'érosion des sols. Cas de la forêt d'Altefage (commune de Pont-de-Montvert – 48)*. Rapport à la DDAF de la Lozère, Cemagref, 30 p. + annexes.
- MARC V., COGNARD-PLANCQ A.L., COSANDEY C., DURAND P., avec la collaboration de MARTIN C. et DIDON-LESCOT J.F. (2000) - *The impact of forests and silvicultural practices upon the extreme flows of rivers (FOREX)*. Rapport pour le programme européen FOREX, 32 p. + annexes.
- MARC V., DIDON-LESCOT J.F. et COUREN M. (2001) - Investigation of the hydrological processes using chemical and isotopic tracers in a small Mediterranean forested catchment during autumn recharge. *J. Hydrol.*, vol. 247, p. 215-229.
- MARTIN C. et LAVABRE J. (1997) - Estimation de la part du ruissellement sur les versants dans les crues du ruisseau du Rimbaud (massif des Maures, Var, France) après l'incendie de forêt d'août 1990. *Hydrol. Sci. J.*, vol. 42, n° 6, p. 893-907.
- MARTIN C. et DIDON-LESCOT J.F. (2000) - Le rôle du couvet végétal sur le fonctionnement hydrologique des bassins versants expérimentaux du Mont-Lozère. In : *Contribution de l'UMR "ESPACE" à la connaissance des fonctionnements hydrologiques et hydrochimiques*, rapport intermédiaire pour le Parc national des Cévennes et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, p. 34-53.