



HAL
open science

Impact des coupes forestières sur les phénomènes d'érosion hydrique sur le versant sud du Mont-Lozère (France)

Claude Martin, Philippe Allée, Claude Cosandey, Jean-François Didon-Lescot

► **To cite this version:**

Claude Martin, Philippe Allée, Claude Cosandey, Jean-François Didon-Lescot. Impact des coupes forestières sur les phénomènes d'érosion hydrique sur le versant sud du Mont-Lozère (France). Gestion de la biomasse, érosion et séquestration du carbone. 1 : Erosion du carbone, 2002, Montpellier, France. pp.324-335. hal-00320608v1

HAL Id: hal-00320608

<https://hal.science/hal-00320608v1>

Submitted on 11 Sep 2008 (v1), last revised 5 Sep 2009 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

IMPACT DES COUPES FORESTIÈRES SUR LES PHÉNOMÈNES D'ÉROSION HYDRIQUE SUR LE VERSANT SUD DU MONT-LOZÈRE (FRANCE)

Claude MARTIN ⁽¹⁾, Philippe ALLÉE ⁽²⁾,
Jean-François DIDON-LESCOT ⁽¹⁾ et Claude COSANDEY ⁽³⁾

- (1) : UMR 6012 "ESPACE" du CNRS, Université de Nice, Département de Géographie, 98 Boulevard Édouard Herriot, BP 3209, F 06204 Nice Cedex 3, France. Mél : martincl@infonie.fr
(2) : UMR 6042 du CNRS, Université de Limoges, Département de Géographie, 39E Rue Camille Guérin, F 87036 Limoges Cedex, France. Mél : philippe.allee@unilim.fr
(3) : Laboratoire de Géographie Physique, CNRS, 1 Place Aristide Briand, F 92195 Meudon Cedex, France. Mél : cosandey@cnr-belleuve.fr

Résumé :

Le terrain d'étude est situé en terrain granitique, à des altitudes comprises entre 1000 et 1500 m. Il subit un climat de type méditerranéen montagnard.

La reforestation amorcée à la fin du XIX^{ème} siècle, a eu pour conséquence la diminution de l'érosion mécanique des sols. Dans ces conditions, les coupes forestières à blanc constituent des perturbations susceptibles de favoriser les reprises d'érosion. Toutefois la très forte perméabilité des sols constitue un frein à l'apparition du ruissellement diffus sur les versants.

Sur le bassin de la Latte (0,195 km² – pente moyenne des versants : 21 %), une coupe d'épicéas a été réalisée de 1987 à 1989. La litière et les débris végétaux laissés à la surface des sols, les andains et la couverture herbeuse qui s'est rapidement développée ont contribué à limiter les transports de terre. La relative modestie des précipitations en 1988-89 et 1989-90 a joué dans le même sens. Dans le secteur du Bois d'Altefage (pentes entre 0 et 30 %), un pavage préexistant, formé surtout de graviers, a fourni une protection complémentaire efficace après la coupe des épicéas en 1988-89. Comparé à la texture de la couche de terre sous-jacente, ce pavage correspond à des déficits de particules fines plus élevés sous forêt (39 à 98 t/ha) qu'en terrain défriché.

Les pertes de terre les plus fortes résultent de l'érosion des pistes et des chemins de débardage utilisés pour les coupes. De nouvelles ravines peuvent même apparaître. Dans le bassin de la Latte, ces formes d'érosion ont fourni les 252 tonnes de matériaux arrachés aux versants de 1987 à 1996. La majeure partie de ces matériaux ont été piégés à l'intérieur même du bassin versant, sous forme de cônes de déjection (192 tonnes) ou de dépôts dans les chenaux principaux (27 tonnes). Au cours de la période d'étude, les exportations de produits solides du bassin versant en provenance des zones déboisés ont atteint 32,5 tonnes seulement.

Mots clés : granites, sols perméables, coupes forestières, érosion hydrique, dégradation des pistes, Mont-Lozère.

Abstract :

The study area is located on the south slope of Mont-Lozère on granitic ground, at an altitude ranging between 1000 and 1500 m. The climate is Mediterranean, but it also presents mountain characteristics.

The reforestation effort that began around the end of the nineteenth century has resulted in less mechanical soil erosion. Given these conditions, clear cutting would probably cause erosion to resume. However the very strong permeability of soils constitutes a brake in the appearance of the diffuse runoff on slopes.

On the Latte catchment (0.195 km²; average slope gradient, 21%), the spruce was thinned from 1987 to 1989. The above-ground litter and plant debris, the windrows, and the grassy cover that rapidly developed all contributed to limit sediment transport. The relatively light precipitation

for the years 1988-89 and 1989-90 also helped. In the sector of the Bois d'Altefage (slope gradient from 0 to 30%), a pre-existing pavement consisting mostly of gravel provided additional effective protection after the spruce was thinned in 1988-89. In comparison with the texture of the underlying layer of earth, the pavement corresponds to a greater loss of fines under forest cover (39-98 t/ha) than on cleared land.

The greatest sediment loss comes from the erosion of the skid roads that are used for thinning operations. New gullies can even form. On the Latte catchment, this type of erosion was responsible for the greatest part of the 252 metric tons of material stripped from the slopes from 1987 to 1996. Most of the material was trapped on the catchment itself in the form of alluvial fans (192 tons) or deposits in channels (27 tons). During the entire period of the study, 32.5 tons only were transported away from the deforested slopes.

Keywords: granites, permeable soil, forest thinning, water erosion, deterioration of skid roads, Mont-Lozère.

1 - INTRODUCTION

À la suite de défrichements qui ont pris une grande ampleur dès le Haut Moyen Âge et du développement d'une intense activité pastorale, les sols du Mont-Lozère ont subi une très forte érosion mécanique jusque vers la fin du XIX^{ème} siècle. La déprise rurale qui s'est amorcée à cette époque a permis la reconquête des versants par la végétation : le genêt occupe les secteurs encore épisodiquement écobués et pâturés, alors que la forêt a pris une grande extension, par progression naturelle du hêtre ou sous l'effet de plantations de résineux. Cette évolution a entraîné le blocage des phénomènes d'érosion mécanique. La plupart des anciennes ravines sont maintenant envahies par la végétation et ne sont plus actives sur le plan érosif (Ph. Allée, 1999).

Dans les conditions actuelles de fermeture du couvert végétal, les coupes forestières peuvent *a priori* sembler susceptibles de provoquer des reprises d'érosion. Nous présenterons à cet égard deux études réalisées sur des terrains granitiques du versant sud du Mont-Lozère, l'une sur le bassin versant de la Latte et l'autre dans le secteur du Bois d'Altefage (Fig. 1).

2 - LE BASSIN VERSANT DE LA LATTE

2.1 - Présentation du bassin versant

Le bassin versant de la Latte (0,195 km² en amont de la station limnigraphique) est inscrit dans le granite porphyroïde du Pont-de-Montvert (B. Alabouvette *et al.*, 1988), à des altitudes comprises entre 1340 et 1493 m. Les versants présentent des pentes de 9 à 27 % (valeur moyenne : 21 %). Le bassin apparaît dissymétrique, le versant occidental étant beaucoup plus développé que le versant oriental (Fig. 2). À l'aplomb de la station limnigraphique, le versant occidental est coupé par un large replat qui prolonge vers l'aval la topographie en berceau de la tête du vallon.

L'écoulement pérenne du ruisseau de la Latte débute à une cinquantaine de mètres en amont du limnigraphe, au niveau d'une zone sourceuse alimentée par le versant occidental. À cette zone sourceuse est associée une tourbière. En amont, d'anciennes ravines qui remontent très haut sur le versant occidental, participaient déjà, avant la coupe forestière, au fonctionnement hydrologique du bassin versant lors des précipitations les plus abondantes.

Le climat est de type méditerranéen montagnard. La température moyenne est de 6,9 °C à 1300 m d'altitude (station de La Vialasse). Sur la période septembre 1981 - août 2001, le pluviographe implanté sur le bassin versant a reçu des précipitations annuelles comprises entre 1178 mm en 1988-89 et 3497 mm en 1995-96. La valeur annuelle moyenne s'établit à 2033 mm (écart-type : 560 mm).

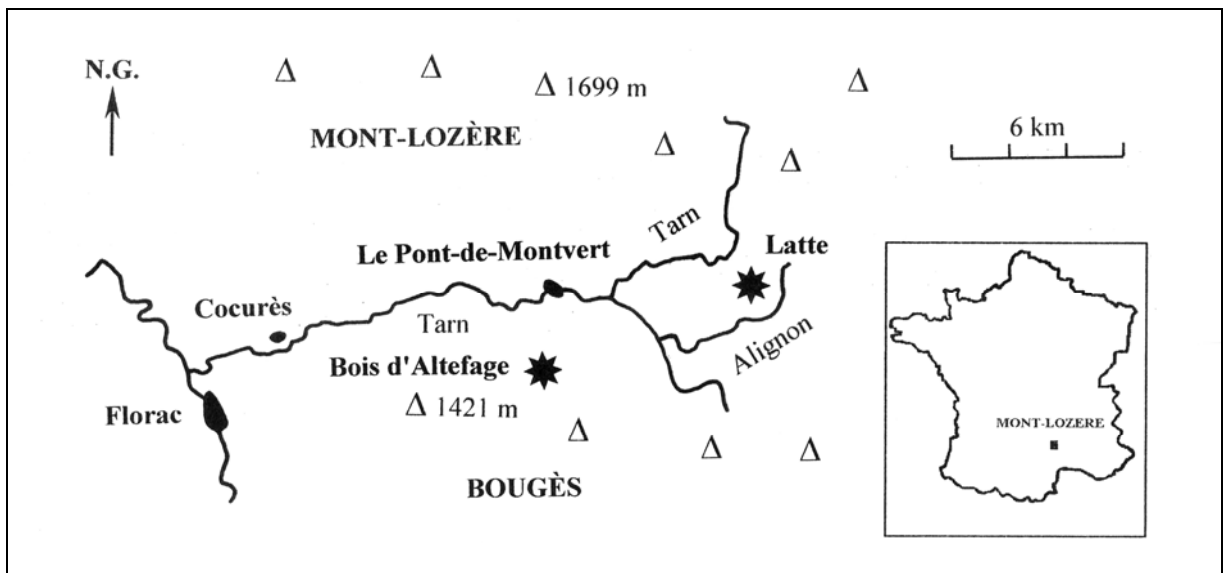


Figure 1 - Localisation des terrains d'étude.

Les sols et formations superficielles ont une épaisseur inférieure à 70 cm en moyenne. La teneur moyenne en graviers et en cailloux avoisine 25 % (C. Vannier, 1992). La texture est sableuse (USDA) : sables grossiers (2 à 0,5 mm) = 42,9 % ; sables moyens (0,5 à 0,2 mm) = 18,9 % ; sables fins (0,2 à 0,05 mm) = 14,6 % ; limons grossiers (50 à 20 µm) = 4,9 % ; limons fins (20 à 2 µm) = 12,5 % ; argile (< 2 µm) = 6,2 % (Ph. Mielliet et V. Schmitt, 1988). Les sols sont des rankers, des sols bruns acides et des sols bruns ocreux (D. Trévisan, 1982). La teneur moyenne en carbone organique est proche de 7 % dans les 20 cm supérieurs des profils. Avant la coupe, les sols étaient recouverts d'une litière d'aiguilles et d'une couche d'humus dont l'épaisseur totale avoisinait 5 cm.

Suite aux opérations d'enrésinement effectuées dans les années trente, le couvert végétal associait une pessière (0,17 km²) à une lande. Mais une attaque parasitaire des épicéas a conduit l'Office National des Forêts à pratiquer une coupe à blanc de la pessière à partir de l'été 1987 (superficie débardée en 1987 : 55 % du bassin versant ; en 1988 : 68 % ; en 1989 : 80 % – ces valeurs n'indiquent pas la situation au 1^{er} septembre, mais à l'arrêt des travaux immédiatement après les premières grosses pluies de l'année climatique). Les grumes ont été tirées par un tracteur jusqu'à une piste forestière préexistante, ce qui a provoqué la création de cinq chemins de débardage tracés le plus souvent selon la ligne de plus grande pente (Fig. 2). Le grumier qui a évacué les troncs par la piste forestière, y a créé de profondes ornières.

Les opérations de reboisement ont été réalisées à l'automne 1989. Pour les faciliter une piste a été ouverte dans la partie supérieure du versant occidental. Les souches ont été laissées dans le sol. Le terrain a subi un ratissage mécanique avec des engins à roues pour mettre les branchages en andains. Ceux-ci sont disposés parallèlement aux courbes de niveau, à une distance de 30 m les uns des autres. Sauf à son extrémité aval, le bassin a été reboisé. Différentes essences résineuses ont été utilisées : épicéa (*Picea abies*), pin à crochet (*Pinus montana*), sapin (*Abies alba*), mélèze (*Larix decidua*). La croissance des arbres est lente. Mais les sols ont été colonisés par des herbacées associées à des espèces ligneuses (genêt, dont la part a été grandissante ; framboisier ; épilobe), qui assuraient un recouvrement quasi total des sols lors d'un relevé effectué en 1994.

2.2 - Les méthodes d'investigation

La quantification des transports solides s'est appuyée sur le cubage des matériaux accumulés, d'une part, dans une fosse à sédiments bâtie à l'exutoire du bassin versant, d'autre part, derrière un piège établi à l'aval d'une ravine (en amont d'une buse) et, enfin, sur toutes les zones d'accumulation, en particulier au débouché des ravines apparues à la suite des travaux forestiers

(Ph. Allée, in C. Cosandey et Ph. Allée, 1992). Les dépôts ont été mesurés chaque été de 1987 à 1990, et même après tous les événements hydrologiques efficaces en 1989-90. La fosse sur le ruisseau de la Latte a été vidée jusqu'en 1996 et le piège sur la ravine, jusqu'en 1994.

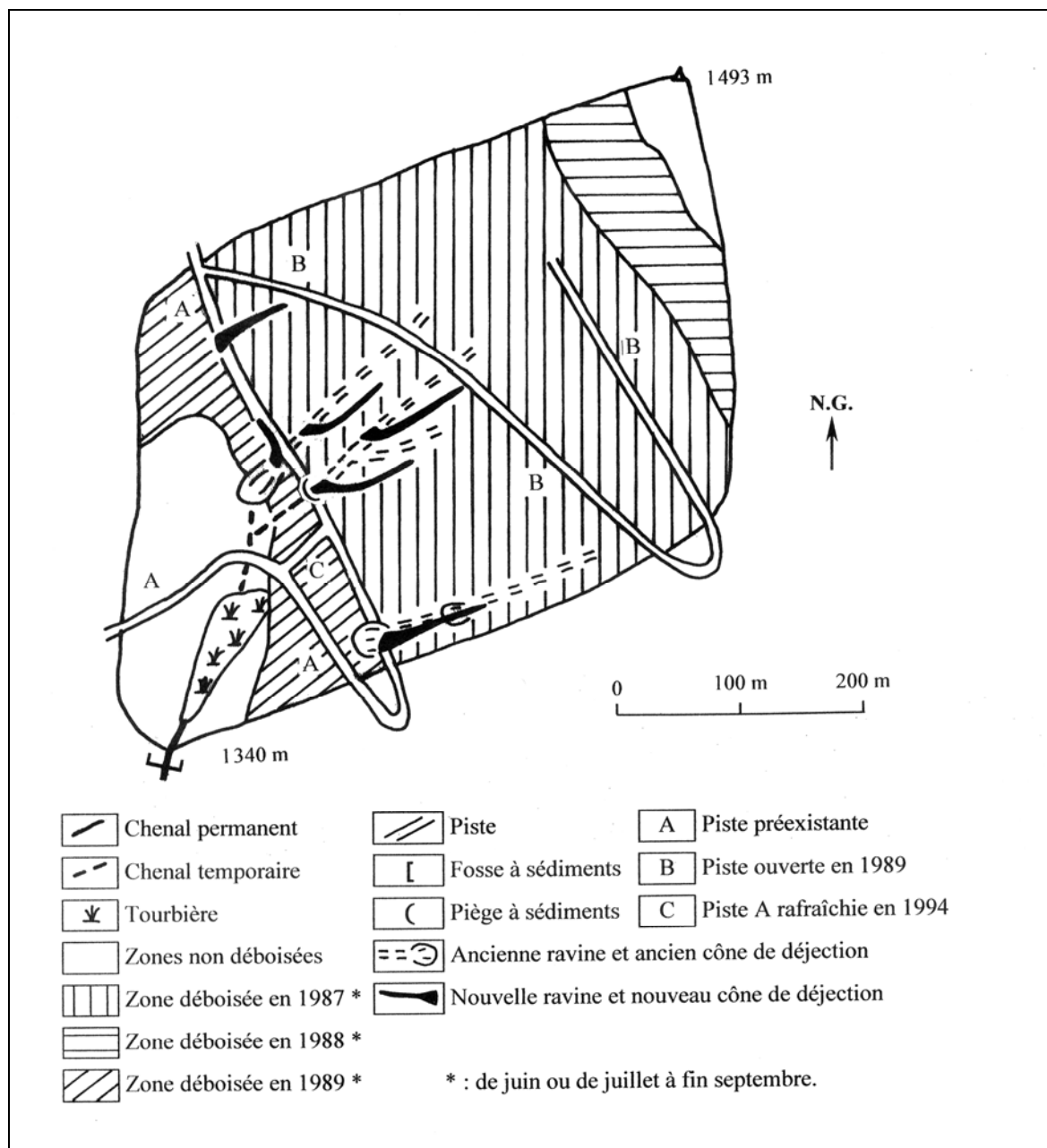


Figure 2 - Présentation du bassin versant de la Latte.

L'évolution des ravines a également été étudiée grâce au suivi de profils en travers. Cette approche a été particulièrement développée après 1990.

Sur les versants, de minces couches de peinture ont été passées sur le sol tout-venant, en bandes de plusieurs mètres de longueur, perpendiculairement à la pente, afin de pouvoir plus facilement déceler l'intervention éventuelle d'un ruissellement diffus ou légèrement concentré.

Les transports en suspension ont fait l'objet de plusieurs campagnes de prélèvements de juillet 1988 à septembre 1993. La relation entre les concentrations et les débits (Concentration (mg/l) = 0,485 Q_i (l/s) ; coefficient de corrélation : +0,85 ; nombre d'échantillons : 31) a servi à évaluer, de manière assez grossière, les exportations en suspension.

2.3 - La faiblesse de l'érosion diffuse

Aucune érosion diffuse n'a été mise en évidence : pas d'incisions visibles sur les sols, notamment sur les bandes passées à la peinture, pas de déchaussement des graviers et cailloux, aucune accumulation de matériaux derrière les andains.

Un premier élément d'explication est fourni par la forte perméabilité des sols. Des simulations de pluie réalisées, avant la coupe forestière, sur des sites situés sur le replat du versant occidental du bassin de la Latte, ont fourni, pour des sols déjà bien humectés et pour des intensités de la pluie de 100 à 156 mm/h, des vitesses de filtration minimales comprises entre 78 et 108 mm/h (D. Boudjemline, 1987). En 2002, des mesures à l'infiltromètre double anneau ont donné, en deux autres points du bassin versant, des vitesses de filtration K de 140 et 280 mm/h.

Les précipitations sont parfois très violentes, notamment en automne. Entre septembre 1987 et août 2001, les intensités maximales relevées sur le bassin de la Latte ont atteint 245 mm/h sur 6 minutes et 179 mm/h sur 30 minutes (septembre 1999). Les intensités sont restées relativement modérées sur la période 1987-90 (Fig. 3) : valeurs maximales de 86 mm/h sur 6 minutes (juin 1988) et de 53,5 mm/h sur 30 minutes (octobre 1987). Elles ont été beaucoup plus fortes sur la période 1990-96, au cours de laquelle elles ont atteint 219 mm/h sur 6 minutes (octobre 1995) et 131 mm/h sur 30 minutes (septembre 1993). Le ruissellement superficiel n'en est pas moins le plus souvent déclenché par l'engorgement des sols, lequel est favorisé par l'abondance des précipitations. À cet égard, les recherches en hydrologie ont montré que la coupe n'avait pas eu d'effet sur le déclenchement des fortes crues, et donc sur celui du ruissellement superficiel (C. Cosandey, 1993).

Par ailleurs, les nombreux débris végétaux laissés sur les sols (litières et rémanents), puis la reprise végétale, ont fourni une protection contre l'impact des gouttes de pluie. De plus, sur les pentes faibles en bas de versant, là où l'engorgement en eau est le plus fréquent, la formation d'une lame d'eau épaisse participe aussi à empêcher le détachement des particules par le splash. Or, dans ces secteurs, le ruissellement diffus généralisé n'a pas suffisamment d'énergie pour éroder des sols sableux dont la cohésion est forte à l'état humide.

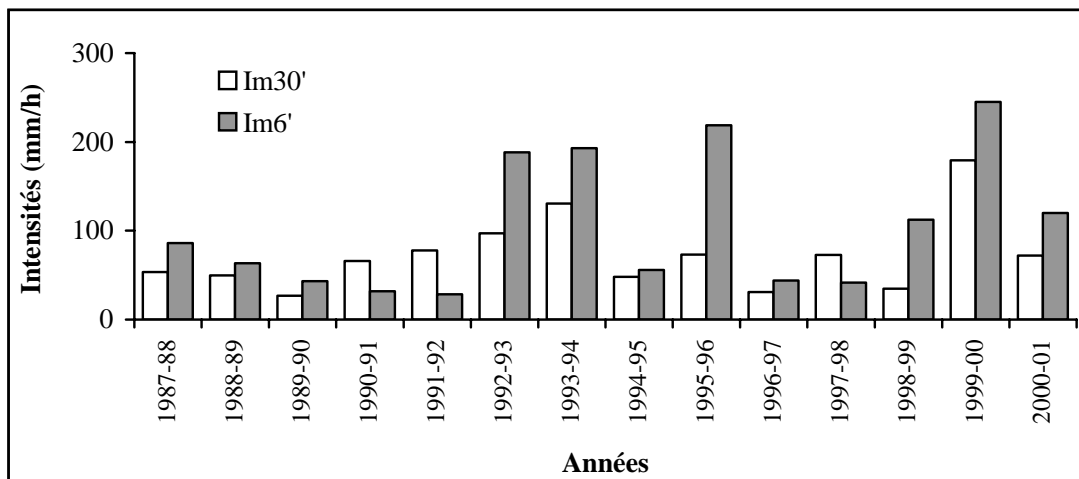


Figure 3 - Intensités maximales de la pluie sur le bassin versant de la Latte (Im30' : intensité maximale sur 30 minutes, en considérant 5 périodes consécutives de 6 minutes ; Im6' : intensité maximale sur 6 minutes, chaque heure étant divisée en 6 tranches de 6').

2.4 - L'érosion concentrée

Les phénomènes d'érosion sont liés au ruissellement concentré et se traduisent, en terme d'ablation, par la formation de ravines. Les bilans sédimentaires ont été établis sur les périodes

1987-90 et 1987-96.

2.4.1 La période immédiatement après la coupe : 1987-90

Pour la période 1987-90, les volumes des matériaux mobilisés ont été déterminés en sommant les dépôts quantifiés sur les cônes et dans les pièges à sédiments, avec les pertes en suspension à l'exutoire du bassin versant. Pour transformer les volumes en masses, une densité apparente de $1,5 \text{ g/cm}^3$ a été utilisée pour les sédiments comme pour les arènes arrachées aux ravines. Elle correspond à la valeur moyenne trouvée dans l'horizon C des sols (P. Durand, 1989).

À la fin de la période 1987-90, la quantité des matériaux déplacés sur l'ensemble des versants déboisés (15,5 ha) représentait approximativement 158 tonnes. En tenant compte de la progression de la coupe, le taux d'érosion spécifique annuel moyen peut être évalué à 3,9 tonnes par an et par hectare de versant déboisé.

Toutefois 24 tonnes seulement sont parvenues dans le thalweg principal, plus de 130 tonnes s'étant déposées sur des cônes de déjection. À l'exutoire du bassin versant, la fosse à sédiments n'a reçu aucun élément en provenance des versants déboisés. Les sorties en suspension sont estimées à 5 tonnes (plus forte concentration mesurée : 133 mg/l le 11 octobre 1988, pour un débit de 54 l/s).

Les éléments piégés par la fosse à sédiments (1,7 tonne pour les trois années) sont sans aucun rapport avec la coupe. Ils ont été fournis par le remaniement, sous l'effet de l'érosion régressive, d'un héritage alluvial historique situé 30 m en amont de la station.

Les quantités de matériaux mobilisés à la suite de la coupe représentent respectivement 9,0 tonnes par hectare de versant déboisé en 1987-88 ; 0,6 tonne en 1988-89 ; et 3,2 tonnes en 1989-90. L'ouverture en 1989 de la piste qui remonte sur le versant occidental du bassin versant ne s'est pas traduite de manière sensible en 1989-90.

Les taux de mobilisation apparaissent fortement liés aux précipitations. Si les précipitations ont été abondantes en 1987-88 (2715 mm), elles ont été au contraire déficientes en 1988-89 et 1989-90 (Fig. 4). Cette déficience se traduit également au niveau des pluies journalières (Fig. 5). Le bassin versant a subi un épisode pluviométrique de type "cévenol" en automne 1987 (214 mm en 24 h le 5 octobre ; 321 mm en 72 h du 3 au 5 octobre). En 1989-90, 95 % de l'érosion s'est produite lors d'un seul épisode (226 mm en 48 h les 20 et 21 novembre). On peut également relier les phénomènes érosifs au fonctionnement hydrologique du bassin versant : les débits instantanés maximaux à l'exutoire du bassin ont atteint 335 l/s en 1987-88 (le 10 octobre, avec des précipitations journalières de 153 mm) et 241 l/s en 1989-90 (le 21 novembre 1989), contre seulement 96 l/s en 1988-89 (le 19 octobre, avec des précipitations de 138 mm en 2 jours).

Les anciennes ravines cicatrisées sous la forêt n'ont pas été réactivées à la suite de la coupe. L'érosion s'est exercée essentiellement au détriment des chemins de débardage et de la piste forestière : plusieurs ravines, profondes de 0,3 à 1,2 m, se sont formées en fonction de la pente, du stock meuble disponible, et de l'alimentation en eau. Les principales ravines se sont développées là où les chemins de débardage, en recoupant de petites nappes perchées, peuvent se transformer en drains pendant les pluies. Les chemins forestiers, qui fournissent la quasi-totalité du matériel érodé, n'occupent que 0,9 ha, soit 5 % seulement de la surface déboisée. Leur dégradation s'est limitée presque exclusivement à leur partie inférieure, ouverte dès la première année.

Sur chacune des trois années d'étude, environ 85 % des matériaux mobilisés sont restés piégés sur les versants sous la forme d'accumulations liées à une diminution brutale de la pente, au niveau des replats ou en bas de versant. Les particules fines elles-mêmes subissent un piégeage. Celui-ci s'effectue en partie au niveau de la tourbière développée dans le chenal permanent de la Latte. Ainsi, le 5 juillet 1988, pour une crue de faible importance (débit de pointe inférieur à 20 l/s), la concentration des suspensions est-elle passée de 20 mg/l en amont de la tourbière, à 3,5 mg/l en aval. Toutefois la diminution ne résulte pas seulement de l'épuration opérée par la tourbière, mais aussi de la dilution des écoulements par les eaux des sources.

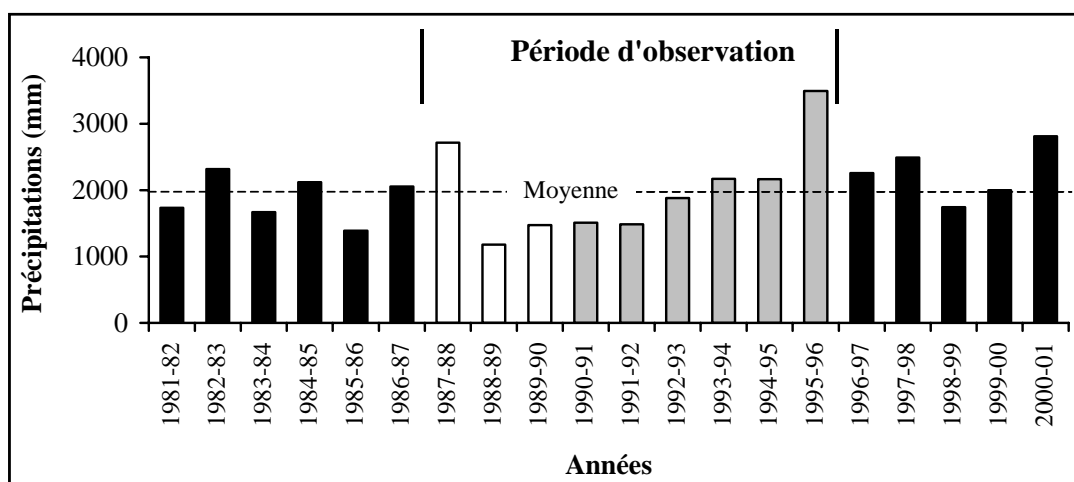


Figure 4 - Précipitations annuelles sur le bassin versant de la Latte.

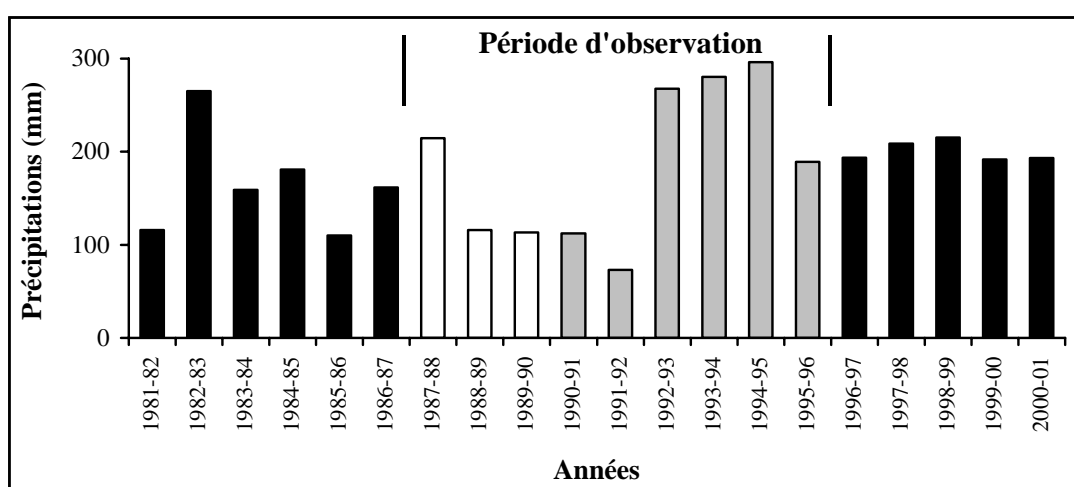


Figure 5 - Précipitations journalières maximales sur le bassin versant de la Latte.

2.4.2 L'ensemble de la période d'observation : 1987-96

Pour cette période, en raison des problèmes posés par le développement du couvert végétal sur les cônes, la quantification des phénomènes d'érosion sur les versants a reposé sur l'examen de l'évolution des ravines.

Le volume des ravines correspond à la mobilisation de 252 tonnes de matériaux : 192 tonnes sont restées piégées sur des cônes de déjection ; 32,5 tonnes ont atteint l'exutoire (une dizaine de tonnes se sont déposées dans la fosse à sédiments et une vingtaine ont été évacuées en suspension) ; et 27,5 tonnes sont restées dans le chenal. Les apports de matériaux dans la fosse se sont produits à la suite de travaux effectués en 1994 : rafraîchissement de la piste inférieure et surtout élargissement d'une piste de raccordement orientée selon la pente (Fig. 2). Par ailleurs, 14 tonnes ont été arrachées à la formation alluviale localisée entre la tourbière et l'exutoire.

Sur la période 1990-96, 94 tonnes de matériaux seulement ont été mobilisés sur les versants déboisés. La dégradation de la plupart des pistes devenant moins active et la revégétalisation progressant, notamment au niveau des ravines, les épisodes érosifs ont perdu en efficacité, et cela en dépit des précipitations abondantes relevées en 1992-93 et 1995-96 (Fig. 4).

Les matériaux accumulés depuis 1987 n'ont pas été remobilisés au cours de la période 1990-96. Pourtant des crues très violentes ont été observées, avec des débits spécifiques instantanés de 8,0 m³/s/km² en septembre 1992 ; 2,3 m³/s/km² en septembre 1993 ; 3,1 m³/s/km² en septembre

1994 ; 2,8 m³/s/km² en novembre 1994 ; et 2,6 m³/s/km² en octobre 1996. De par leur position topographique, les cônes sont peu sensibles à l'érosion. Par ailleurs, les dépôts dans les drains intermittents sont en partie stabilisés par la remontée végétale.

Le 22 septembre 1993, pratiquement en pointe de crue (365 l/s), la concentration des suspensions était de 794 mg/l quelques dizaines de mètres en amont de la zone sourceuse associée à la tourbière, de 333 mg/l à l'entrée de la tourbière et de 196 mg/l en aval. Ces valeurs ne traduisent pas seulement l'efficacité de la tourbière comme filtre à particules, car il faut également tenir compte de l'abondance des eaux fournies par la zone sourceuse et de l'arrivée d'eaux peu chargées en provenance du replat situé au-dessus de cette zone.

3 - LE BOIS D'ALTEFAGE

3.1 - Le terrain d'étude

Le Bois d'Altefage se trouve au sud de Pont-de-Montvert, sur la retombée septentrionale de la Montagne du Bougès (1421 m d'altitude au Signal du Bougès). Dans ce secteur, plusieurs parcelles plantées d'épicéas ont subi, au cours des dernières années, une coupe forestière suivie d'un reboisement. Les observations ont porté sur des parcelles situées dans la zone d'affleurement du granite à biotite du Bougès.

3.1.1 Les coupes forestières

Sur pente forte, les coupes sont conduites avec précaution. La superficie touchée est à chaque fois très faible (inférieure à 2 hectares) et les sols ne sont pas raclés. Aucune trace d'érosion active n'est visible. Le sol reste couvert de débris végétaux qui le protègent. La couverture herbeuse a en outre un développement suffisant pour assurer rapidement un rôle modérateur efficace.

En bas de versant, sur pente plus faible, les coupes ont été effectuées à blanc. Après plusieurs années, les sols restent ici largement à nu. Ils sont surmontés d'un pavage constitué de graviers, qui pourrait être la conséquence d'une forte érosion hydrique. L'attention s'est concentrée sur une parcelle de 16 hectares située en contrebas de la route joignant le Pont-de-Montvert au col du Sapet. Cette parcelle a subi une coupe rase en 1989, puis a été reboisée au cours de l'hiver 1989-90. Les observations (C. Martin, *in* J. Lavabre *et al.*, 1999) ont été menées, au cours du printemps 1998, à proximité de l'intersection de routes au point côté 1079, sur un secteur représentatif de l'ensemble de la parcelle.

3.1.2 Les sols

Sous couvert végétal, les sols présentent au sommet une couche d'humus, de 3 à 5 cm d'épaisseur, envahie d'un lavis de racines et radicelles. Cette couche surmonte les horizons humifères développés au-dessus de l'arène granitique. L'échantillon analysé (Tab. I), prélevé dans l'horizon humifère supérieur, est extrêmement graveleux et possède une texture limono-sablo-argileuse (USDA). L'épaisseur du manteau d'altérites atteint généralement plusieurs mètres.

Une mesure à l'infiltromètre double anneau réalisée sur la parcelle ayant subi la coupe, donne une vitesse de filtration K supérieure à 390 mm/h.

Les travaux de défrichage ont été menés avec des moyens mécaniques lourds. Si certaines souches ont été laissées en place, beaucoup ont été arrachées et/ou déplacées. De nombreux débris végétaux (branches, souches) ont été mis en andains accumulés dans le fond des ravines préexistantes.

Les travaux de défrichage et de plantation, mais peut-être aussi la minéralisation active de la matière organique liée à la dénudation des sols, ont fait disparaître presque partout la couche d'humus.

Tableau I - Analyses physiques de l'horizon humifère supérieur d'un sol sous couvert végétal sur granite du Bougès (échantillon II.2).

> 2 mm	Tf	Analyse de la terre fine									
		Sg	Sm	Sf	Lg	Lf	A	C	H ₂ O-105	PF-550	
52,2	47,8	21,6	13,3	16,8	9,7	17,4	21,2	3,69	3,2	12,05	

Les résultats sont exprimés en % de l'échantillon tout-venant (> 2 mm, Tf), de la terre fine (C, H₂O-105, PF-550) ou de la terre fine débarrassée de la matière organique (Sg, Sm, Sf, Lg, Lf, A), après séchage à l'air. > 2 mm : cailloux et graviers (ici uniquement des graviers). Tf : terre fine (< 2 mm). Sg : sables grossiers (0,5-2 mm). Sm : sables moyens (0,2-0,5 mm). Sf : sables fins (0,05-0,2 mm). Lg : limons grossiers (20-50 µ). Lf : limons fins (2-20 µ). A : argile (< 2 µ). C : carbone organique selon la méthode Anne. H₂O-105 : humidité à 105 °C. PF-550 : perte au feu à 550 °C. La terre fine a été analysée par le Laboratoire d'Analyses des Sols de l'INRA à Arras.

Le tableau II indique les résultats d'analyses portant, d'une part, sur la partie superficielle des profils (pavage et millimètres supérieurs de l'horizon humifère supérieur) et, d'autre part, sur une mince couche (1 à 2 cm) sous-jacente. Les échantillons de sols (*S*) analysés sont déjà très graveleux. Il ont une texture limono-argilo-sableux (USDA). La richesse en graviers s'accroît au niveau du pavage (*P*), tandis que la texture devient plus sableuse. La teneur en matière organique diminue vers le sommet du profil, entre le sol et le pavage.

Tableau II - Analyses des sols de la parcelle défrichée du Bois d'Altefage.

Éch.	> 2 mm	Tf	Analyse de la terre fine								
			Sg	Sm	Sf	Lg	Lf	A	C	H ₂ O-105	PF-550
41P	73,1	26,9	48,9	19,6	14,3	3,1	4,7	9,4	3,16	1,3	6,66
42S	40,7	59,3	31,8	16,1	16,3	7,4	13,5	14,9	4,90	2,2	11,96
91P	77,1	22,9	42,0	17,6	12,4	5,3	9,9	12,8	1,73	1,8	5,09
92S	50,1	49,9	30,9	15,3	14,1	9,1	13,9	16,7	3,16	2,3	8,75

P : couche de sol avec pavage. *S* : sol sous-jacent. Voir tableau I.

3.1.3 Les précipitations

Les données pluviométriques du Pont-de-Montvert (à 875 m d'altitude) ne sont certainement pas représentatives des hauteurs d'eau précipitées sur le Bois d'Altefage. Elles n'en permettent pas moins d'affirmer que la zone d'étude a souvent reçu des précipitations abondantes après la coupe à blanc de 1988-89. Les précipitations annuelles moyennes sur la période 1989-98 (1627 mm) ont été légèrement supérieures à celles sur la période 1982-2001 (1531 mm). Comme sur le bassin de la Latte, les précipitations annuelles se sont montrées déficientes de 1989-90 à 1992-93 (1171 mm en moyenne – 982 mm en 1989-90) et elles ont ensuite été plus abondantes, en particulier en 1995-96 (2931 mm).

De septembre 1981 à août 2001, la station pluviométrique du Pont-de-Montvert a enregistré 25 pluies en 24 heures supérieures à 105 mm. Onze d'entre elles (soit 44 %) se placent entre septembre 1989 et août 1998 (donc sur 45 % des années pour lesquelles nous disposons de données pluviométriques). Sur la période 1989-98, la pluie maximale en 24 heures a été enregistrée le 4 novembre 1994 (226 mm). Elle occupe le deuxième rang sur la période 1982-01, derrière celle du 7 novembre 1982 (253 mm).

3.2 - Étude du pavage

La différence de composition granulométrique entre le "pavage" (*P*) et le sol sous-jacent (*S*) est susceptible de mettre en évidence une perte de terre fine (Tab. II). Cela suppose de déterminer la

masse du pavage pour une superficie donnée. Nous avons utilisé à cet effet un cadre rectangulaire en métal de 26,0 et 26,5 cm de côtés. L'estimation des pertes est fournie par l'équation suivante :

$$\text{Pertes (t/ha)} = [(A \times B) - A] \times 0,145138$$

avec :

$$A = (\text{Masse totale prélevée en } P, \text{ en g}) \times (\text{Tmf, en g/100 g de tout-venant en } P) \div 100 ;$$

$$\text{et } B = (\text{Tmf/Gr en } S) \div (\text{Tmf/Gr en } P) ;$$

Tmf étant la teneur de la terre minérale fine dans l'échantillon tout-venant et Gr, celle en graviers.

Pour les 14 points de prélèvement étudiés, les valeurs des pertes sont comprises entre 19,1 et 77,0 t/ha (moyenne : 34,8 t/ha).

Afin de comparer ces résultats avec la situation sous couvert végétal, nous avons prélevé des échantillons sous forêt, au-dessus de la route (Tab. III). Les prélèvements ont porté, d'une part, sur la partie superficielle de l'horizon humifère supérieur, immédiatement sous l'humus et, d'autre part, sur une mince couche de sol sous-jacente. Nous obtenons ici des pertes comprises entre 38,9 et 98,4 t/ha (moyenne : 56,2 t/ha).

Tableau III - Étude du pavage sous forêt au Bois d'Altefage.

	Point I (pente faible)		Point II (pente faible)		Point III (pente : 11 %)		Point IV (pente : 18 %)		Point V (pente : 23 %)	
	I.1	I.2	II.1	II.2	III.1	III.2	IV.1	IV.2	V.1	V.2
> 2 cm	15,2	2,7	0	0	0	0	5,8	25,1	5,8	6,2
1-2 cm	5,8	5,5	11,9	1,6	0,66	0	9,6	3,7	19,6	9,1
0,5-1 cm	20,5	14,3	25,6	18,7	12,6	7,4	30,6	14,6	17,3	10,8
0,2-0,5 cm	31,1	33,2	30,3	31,8	28,4	18,9	35,6	31,0	20,3	19,3
Gr	57,4	53,0	67,8	52,2	41,6	26,3	75,8	49,4	57,2	39,2
Tmf	22,0	40,9	22,3	42,1	42,9	58,7	13,2	23,6	29,7	48,1
PF 550°C	5,4	3,3	9,9	5,8	15,5	15,0	5,2	1,9	7,3	6,5
Tmf / Gr	0,383	0,772	0,329	0,807	1,031	2,232	0,174	0,478	0,519	1,227
Masse pavage (g)	1602		827,2		1357,3		1320,4		811,1	
Pertes (t/ha)	52,0		38,9		98,4		44,2		47,7	

Les données des analyses sont exprimées en % du matériel séché à l'air. Gr : graviers (0,2-2 cm). Tmf : terre minérale fine (< 2 mm). PF 550°C : perte au feu à 550°C. (sur la terre fine).

Sous couvert végétal, le pavage existait, mais n'était pas visible, avant le défrichage. Son existence a été révélée par la disparition de la couche d'humus. Les pertes calculées sont plus fortes sous couvert végétal qu'en terrain défriché. On peut s'interroger sur la responsabilité de la collecte des échantillons dans cette différence. En effet, en terrain défriché, où le pavage est très évident, le prélèvement de l'échantillon *P* concerne une couche de terre moins épaisse qu'en terrain boisé, si bien qu'il n'est pas impossible que le prélèvement de l'échantillon *S* ait pu englober une partie du pavage potentiel. Mais il faut également tenir compte du fait que lors des travaux de déboisement et de plantation, le pavage a pu être enrichi, voire même recouvert, d'éléments de différentes tailles provenant des horizons sous-jacents.

Seules les plages de terrain où le sol a été bouleversé lors des travaux fournissent une indication sur les phénomènes d'érosion depuis le déboisement. C'est le cas pour le point de prélèvement 2 (pertes : 23,5 t/ha) où les matériaux analysés (*P* et *S* ; 4 cm d'épaisseur au total) reposent sur une couche de débris végétaux (1,5 cm). Mais les résultats obtenus sur des surfaces si réduites, où la saltation pluviale peut jouer à plein, ne sont en rien représentatives du fonctionnement général du secteur.

En définitive, les données recueillies ne témoignent pas d'une érosion hydrique efficace depuis la coupe de 1988-89. De fait, la partie superficielle des sols montre les effets cumulés de phases d'évolution successives. Celles-ci peuvent avoir fait intervenir l'entraînement des particules sous l'effet du ruissellement superficiel (érosion diffuse) et la saltation pluviale (splash), voire même – pour une part – le lessivage (mouvement *per descensum*). Mais nul doute que l'érosion liée au ruissellement diffus est toujours restée bien modeste sur des matériaux présentant une très forte vitesse de filtration par unité de pente.

La sélectivité de l'entraînement des différentes tailles de particules peut être mise en évidence à l'aide de l'indice suivant :

Is d'une fraction = [teneur de la fraction en *S* x (SgP/SgS)] / teneur de la fraction en *P*
avec SgP et SgS les teneurs en sables grossiers du pavage et du sol.

Plus l'entraînement de la fraction a été efficace, plus l'indice est élevé.

Les données obtenues pour les prélèvements 41P-42S et 91P-92S sont portées dans le tableau IV. Conformément à ce que nous pouvions attendre, l'argile et, plus encore, les limons ont subi un entraînement particulièrement efficace.

Tableau IV - Indices d'entraînement sélectif des particules (points de prélèvement 4 et 9).

Éch.	Sg	Sm	Sf	Lg	Lf	A
41P-42S	1,00	1,26	1,75	3,67	4,42	2,44
91P-92S	1,00	1,89	2,48	3,74	3,06	2,84

3.3 - Observations complémentaires

Le défrichement n'a pas entraîné de reprise d'érosion linéaire dans les ravines préexistantes et aucune nouvelle ravine ou rigole n'est apparue. La très forte perméabilité des sols et l'épaisseur du manteau d'altérites ne sont sans doute pas étrangères à cette absence de réponse au défrichement, car elles gênent l'apparition du ruissellement concentré.

Certes, une mince couche de graviers et de sables s'est récemment déposée à l'aval du système de ravines situé à proximité immédiate du point coté 1079. Mais ce matériel provient certainement en grande partie des versants de la ravine principale, localement très pentus.

Par ailleurs, les andains accumulés au fond des ravines n'ont pas retenu de matériaux derrière eux : aucune accumulation n'est visible.

Enfin, si des matériaux se sont déposés sur une zone d'atterrissement localisée le long du ruisseau que rejoignent les ravines, il est manifeste qu'ils ne proviennent pas de la zone défrichée. En effet, dans la partie amont du cours d'eau, sous couvert végétal, se produit actuellement une phase d'incision linéaire dans des secteurs où les thalwegs n'étaient pas individualisés jusqu'alors. Cette évolution est rendue perceptible par le maintien, au-dessus des ruisselets, de ponts naturels constitués d'un entrelacement de racines soutenant encore le sol. Faute d'une étude spécifique de ce phénomène, il est impossible de préciser si sa cause est naturelle ou si elle est liée à l'aménagement de la route de Pont-de-Montvert au col du Sapet.

4 - CONCLUSION

Les résultats des recherches menées sur les terrains granitiques déboisés du bassin de la Latte et du Bois d'Altefage sont convergents :

- D'une part, l'érosion en nappe est négligeable, le ruissellement diffus ayant beaucoup de mal à se développer sur des sols extrêmement perméables. Les débris végétaux laissés sur le sol à la Latte

et le pavage préexistant au Bois de l'Altefage constituent en outre des protections efficaces, à la fois contre le splash et contre d'éventuels ruissellements localisés.

- D'autre part, en l'absence de ruissellement superficiel généralisé sur les versants en pente forte, la formation de nouvelles ravines ou rigoles ne peut se réaliser sans que des chemins de débardage nouvellement ouverts fournissent des exutoires à des nappes temporaires constituées pendant les pluies. Sur ces chemins, comme sur les pistes, le ruissellement, et par voie de conséquence l'érosion, sont favorisés par le tassage des matériaux sous le poids des engins.

Remarques : Le travail repose sur les observations concernant les phénomènes d'érosion mécanique effectuées par Ph. Allée sur le bassin de la Latte, sur les activités de recherches menées dans le cadre du BVRE du Mont-Lozère (suivis hydrologiques, relevés pédologiques...) et sur les investigations réalisées par C. Martin dans le secteur du Bois d'Altefage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Alabouvette B. *et al.*, 1988. *Carte géologique au 1/50000 Génolhac*. Éditions du BRGM.
- Allée Ph., 1999. Rythmes saisonniers et annuels du ravinement sur les hautes terres granitiques cévenoles. L'exemple de la ravine de l'Aubaret (Mont-Lozère, France). In : "*Les bassins versants expérimentaux de Draix, laboratoire d'étude de l'érosion en montagne*", Cemagref Editions, Coll. Actes de Colloque : 119-128.
- Boudjemline D., 1987. *Susceptibilité au ruissellement et aux transports solides de sols à texture contrastée*. Thèse 3^{ème} Cycle, Université d'Orléans, 264 p.
- Cosandey C., Allée Ph., 1992. Conséquences d'une coupe forestière sur les crues et sur l'érosion des versants. *Actes des Rencontres Hydrologiques Franco-Roumaines* (septembre 1991), Programme Hydrologique International, Édit. UNESCO : 237-248.
- Cosandey C., 1993. 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*, Presses Universitaires de Nancy : 355-363.
- Durand P., 1989. *Biogéochimie comparée de trois écosystèmes (pelouse, hêtraie, pessière) de moyenne montagne granitique (Mont-Lozère, France)*. Thèse de l'Université d'Orléans, 186 p.
- Lavabre J., Martin C., 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, Édit. Cemagref, Aix-en-Provence, 30 p + annexes.
- Miellat Ph., Schmitt V., 1988. *Géographie physique de trois bassins versants du Mont-Lozère. Évolution morphologique, paysages et actions anthropiques*. Mémoire de Maîtrise, Université de Paris I, 162 p. + annexes et photographies.
- Trévisan D., 1982. *Pédogenèse et typologie des sols de trois bassins versants du Mont-Lozère*. Mémoire de DEA, Université de Nancy, 84 p.
- Vannier C., 1992. *Les modalités de la rétention du soufre dans les sols de deux bassins versants forestiers du Mont-Lozère. Effet de la végétation et de quelques propriétés physico-chimiques des sols*. Thèse de l'Université d'Orléans, 113 p. + annexes.