

INTERACTIONS VÉGÉTATION-ÉROSION ET GÉNIE ÉCOLOGIQUE POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉROSION EN MONTAGNE

Freddy REY¹ et Frédéric BERGER

Cemagref Grenoble

Unité de recherche Ecosystèmes et Paysages Montagnards

2, rue de la Papeterie - BP 76 - 38402 St-Martin-d'Hères - FRANCE

¹Tél : +33 4 76 76 28 03 ; Fax : +33 4 76 51 38 03 ; E-mail : freddy.rey@cemagref.fr

RÉSUMÉ

La maîtrise de l'érosion par la végétation, pour la prévention et la lutte contre les risques torrentiels et l'envasement des retenues hydroélectriques, reste une préoccupation importante des aménageurs dans les Alpes françaises de nos jours. Aujourd'hui, les gestionnaires souhaitent disposer d'outils d'aide à la restauration et à la gestion des terrains érodables par le génie écologique, aussi bien pour la réhabilitation des terrains érodés que pour la gestion des forêts de protection vieilles. Des stratégies optimales doivent être proposées afin de limiter, à moindres coûts, l'érosion et les productions de sédiments dans les rivières. Pour cela, il faut connaître au mieux l'influence de la végétation dans la maîtrise de l'érosion. La végétation permet d'empêcher l'érosion de se produire, mais elle permet également de piéger des sédiments érodés grâce à des barrières végétales. Il est donc possible de laisser des zones en érosion dans les bassins versants et de se contenter de piéger et retenir durablement ces sédiments à l'aval. Ce mode d'action particulier de la végétation peut être utilisé pour proposer des stratégies optimales pour la maîtrise de l'érosion et de la production sédimentaire des bassins versants hydrologiques. En particulier, il n'est pas nécessaire d'intervenir sur la totalité d'un bassin versant – en revégétalisation ou en gestion forestière – pour garantir une faible de la production sédimentaire à l'exutoire de ce bassin.

INTRODUCTION

La prévention et la lutte contre l'érosion et le risque torrentiel restent de nos jours une préoccupation importante des gestionnaires des territoires de montagne, notamment des services de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) de l'Office National des Forêts (ONF). Les enjeux à protéger sont de deux types : rapprochés et éloignés. Les enjeux rapprochés sont les populations, les habitations et les infrastructures humaines, situées à proximité de l'exutoire des bassins versants. Ces enjeux sont principalement menacés par les crues torrentielles. Les enjeux éloignés sont les habitations situées dans le lit majeur des rivières, mais aussi les barrages hydroélectriques, dont l'envasement affecte le bon fonctionnement ; pour préserver la fonctionnalité des retenues, il faut envisager leur curage, ce qui constitue une opération coûteuse, à renouveler au fur et à mesure des apports successifs de sédiments.

Une solution alternative – et durable – pour la protection de ces enjeux est de chercher à retenir les sédiments dans les bassins versants à l'amont des retenues, soit en empêchant l'érosion de se produire, soit en installant des pièges à sédiments à l'aval des zones en érosion. Pour cela, le génie écologique – que l'on peut définir comme l'ensemble des techniques et interventions visant à favoriser l'installation ou le maintien d'une couverture végétale à rôle de protection, ici contre l'érosion – peut constituer un moyen efficace, grâce à l'influence des ouvrages de génie biologique et de la végétation sur les processus érosifs.

Aux contraintes écologiques et techniques de cette gestion de l'érosion s'ajoute également aujourd'hui une contrainte économique, qui impose aux gestionnaires et aux restaurateurs de terrains en montagne de définir des stratégies optimales – ou minimales – pour la lutte contre l'érosion. Si, au siècle dernier, la stratégie utilisée pour la réhabilitation des terrains érodés était de reboiser « en masse » partout où cela était possible, on cherche plutôt aujourd'hui à sélectionner des zones-clés à revégétaliser, afin de minimiser l'érosion et l'exportation de sédiments dans les cours d'eau, avec le moins d'interventions possible. On cherche également à définir des priorités d'interventions forestières dans les peuplements forestiers à renouveler.

Pour proposer une gestion optimale des problèmes d'érosion par le génie écologique, il faut connaître au mieux l'influence de la végétation dans la maîtrise de l'érosion. Nous exposons donc dans un premier temps les connaissances actuelles concernant les interactions végétation-érosion, afin de proposer des hypothèses sur les actions optimales que peut jouer la végétation contre l'érosion. Les résultats des recherches peuvent alors être appliqués au développement ou à l'amélioration d'outils d'aide à la gestion du risque torrentiel et au contrôle de l'érosion, que nous présentons ici dans un deuxième temps.

INTERACTIONS VÉGÉTATION-ÉROSION

La végétation peut intervenir contre l'érosion de deux manières principales (Viles, 1990) : d'une part elle peut empêcher l'érosion de se produire, jouant ainsi un rôle de protection « active » contre l'érosion, d'autre part elle peut retenir les sédiments érodés à l'amont, jouant alors un rôle « passif » ou « à distance » contre l'érosion.

Protection active contre l'érosion

La végétation protège les sols de l'érosion de manière « active » par protection contre les agents érosifs (Martinez-Mena *et al.*, 1999) et fixation des sols (Bonnet, 1983).

La végétation peut protéger les sols contre les agents érosifs par régulation hydrologique, régulation thermique et protection mécanique.

La végétation peut permettre de lutter contre l'érosion par ruissellement grâce à son action de régulation hydrologique des bassins versants (Humbert et Najjar, 1992 ; Fleuriel, 1998 ; Fort, 1999 ; Lavabre et Andréassian, 2000). Cette régulation hydrologique s'effectue par interception des gouttes de pluie, augmentation de l'infiltration de l'eau dans le sol, pompage d'une partie de l'eau contenue dans les sols et restitution dans l'atmosphère sous forme d'évapotranspiration. La régulation hydrologique jouée par la végétation a pour effet de diminuer la quantité, l'intensité et la vitesse du ruissellement. La végétation a également un effet d'écrêtage et d'étalement du ruissellement (Combes *et al.*, 1995). La régulation hydrologique due à la végétation a ainsi pour effet d'atténuer les contraintes érosives dues à l'eau (Moir *et al.*, 2000). Il existe cependant des seuils d'efficacité en ce qui concerne l'hydrologie : l'influence de la forêt est moindre pour les événements pluvieux longs ou abondants (Zordia, 1977). Notons que si le pouvoir de régulation hydrologique de la végétation comporte des seuils d'efficacité, cela n'est pas forcément le cas avec l'érosion, comme ont notamment pu le constater McIvor *et al.* (1995).

La végétation peut jouer un rôle de régulation thermique ; elle permet en effet d'atténuer les écarts thermiques journaliers, réduisant ainsi la désagrégation des roches due à la gélifraction et à la thermoclastie (Rovéra *et al.*, 1999).

Enfin, par son couvert, la végétation peut jouer un rôle de protection mécanique, en diminuant l'énergie cinétique des gouttes de pluie et en réduisant ainsi l'effet splash (Bonnet, 1983). Les végétaux permettent également de diminuer l'effet du vent sur la mobilisation des sédiments érodés (Morgan, 1990). Enfin, la végétation empêche la concentration du ruissellement et diminue son énergie.

La végétation permet également de lutter contre l'érosion par fixation des sols grâce aux systèmes racinaires (Handel *et al.*, 1997). Les végétaux permettent en effet d'améliorer la cohésion des sols et donc de renforcer leurs propriétés mécaniques (O'Loughlin et Xinbao, 1986).

Protection passive contre l'érosion : le piégeage des sédiments

La végétation peut jouer un rôle de piégeage et de rétention d'une partie des sédiments érodés à l'intérieur d'un bassin versant. Van Dijk *et al.* (1996) ont montré qu'il existe un effet de filtration des écoulements au travers de la végétation. Ces écoulements déposent les sédiments suite à la réduction de leur énergie de transport. Des dépôts ont ainsi été observés à l'amont de barrières végétales (Sanchez et Puigdefabregas, 1994), sur des pentes plus fortes que celles sans végétation (Bochet *et al.*, 2000). Ces dépôts peuvent être retenus durablement s'ils sont colonisés par des végétaux, qui vont fixer les sédiments piégés par développement des racines. En conséquence, à l'intérieur des bassins versants, de grandes quantités de sédiments érodés sont piégées et ne rejoignent pas l'exutoire des bassins (Beuselinck *et al.*, 2000 ; Rey, 2002).

Ceci peut avoir un intérêt important pour la gestion optimale des problèmes d'érosion par le génie écologique. Si ces processus de piégeage ont bien lieu et que les sédiments sont durablement retenus dans les bassins versants, cela signifie que des zones en érosion produisent des sédiments qui peuvent ensuite être piégés à l'aval par des barrières végétales. En conséquence, une couverture végétale complète n'est pas indispensable pour obtenir une production sédimentaire nulle ou très faible à l'exutoire d'un bassin versant hydrologique défini. La distribution spatiale de la végétation est alors particulièrement importante. Ainsi, en terme de gestion, il n'est pas nécessaire d'installer une couverture végétale complète sur un bassin versant hydrologique dégradé pour parvenir à stopper la production sédimentaire à son exutoire, de même qu'il n'est pas indispensable de maintenir une couverture végétale complète sur les bassins recouverts d'une couverture végétale protectrice totale (Rey, 2002). D'ailleurs, plusieurs études ont montré que la production sédimentaire de bassins ou de versants diversement végétalisés ne variait pas de façon linéaire avec la couverture végétale (Rogers et Schumm, 1991 ; McIvor *et al.*, 1995).

GÉNIE ÉCOLOGIQUE POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉROSION EN MONTAGNE

Problématiques

Les problématiques liées à la restauration écologique des écosystèmes dégradés en montagne peuvent s'envisager sous deux aspects complémentaires :

- la pérennisation des zones anciennement réhabilitées : cette phase est destinée à maintenir la couverture végétale nouvellement installée et de garantir à l'écosystème végétal une viabilité à long terme, ceci par accompagnement de la végétation nouvellement installée et une gestion appropriée ;

- la réhabilitation, toujours à l'ordre du jour, d'un certain nombre de zones dégradées : il s'agit ici, après dégradation d'un milieu, de reconstituer ce milieu afin qu'il soit favorable à une réinstallation de la végétation ; les techniques employées sont le génie civil pour la stabilisation des terrains et le génie biologique pour la revégétalisation.

Pour répondre aux préoccupations de gestion optimale des problèmes d'érosion, nous proposons une application des connaissances sur les interactions végétation-érosion. Le principe clé est qu'une couverture végétale totale sur une ravine n'est pas indispensable pour stopper la production sédimentaire à l'exutoire de celle-ci.

L'ensemble des outils de gestion développés doit permettre, pour l'installation d'ouvrages de génie biologique, l'entretien de la végétation installée ou la réalisation de coupes forestières, de définir spatialement des priorités d'interventions – afin d'orienter les crédits à investir – aux échelles régionale, du bassin versant et de la ravine, ainsi que de déterminer des règles d'intervention.

Réhabilitation des écosystèmes érodés

Priorités d'intervention

Le principe de gestion optimale impose autant que possible de définir spatialement des priorités d'intervention ; cela va jusqu'à déterminer des zones de non-intervention. L'échelle d'action de la végétation contre l'érosion est celle de la ravine. Mais la réussite de l'installation d'une couverture végétale à cette échelle dépend de facteurs abiotiques s'exprimant à l'échelle plus vaste du bassin versant.

A l'échelle régionale, il est possible de déterminer les bassins versants à réhabiliter en priorité. A cette échelle, c'est surtout la présence d'enjeux socio-économiques qui va déterminer les choix.

L'influence de la végétation ayant lieu principalement à l'échelle de la ravine, cette dernière constitue l'échelle élémentaire d'intervention en réhabilitation. A l'échelle des bassins versants prioritaires, on peut déterminer les ravines prioritaires à réhabiliter. Pour cela, on peut utiliser deux critères : l'érodabilité des terrains et la présence d'une végétation naturelle. L'érodabilité des terrains dépend directement de paramètres physiques tels que la lithologie ou la topographie. La présence d'une végétation naturelle peut indiquer que l'activité érosive est moins importante qu'ailleurs, et donc qu'une végétalisation peut plus facilement s'envisager.

Au sein d'une ravine à réhabiliter, il est possible de déterminer l'étendue de la correction nécessaire et suffisante pour obtenir une extinction de cette ravine. Pour cela, on peut utiliser le principe selon lequel la distribution spatiale de la végétation sur une ravine est importante pour la réduction de la production sédimentaire à son exutoire, la végétation située dans les lits des ravines jouant un plus grand rôle dans la maîtrise de l'érosion que la végétation située sur les versants ou les interfluves. C'est la présence de cette couverture végétale à l'aval de la ravine qu'il faut assurer pour envisager de manière optimale une inactivité à l'exutoire de la ravine. Les opérations de végétalisation par génie biologique doivent ainsi s'effectuer dans les lits des ravines, puis sur les berges et éventuellement sur les

bas de versant. Ainsi, il n'est pas nécessaire de végétaliser une ravine en entier pour stopper la production sédimentaire à son exutoire. La végétalisation des hauts et milieux de versant n'est pas indispensable : si ces zones amont sont érodées et produisent des sédiments, ces derniers seront stoppés par la végétation située à l'aval de la ravine et n'atteindront ainsi pas l'exutoire de celle-ci ; ces zones correspondent ainsi à des zones de « non-intervention ». Bien entendu, il faut que les barrières végétales permettant cette rétention des sédiments soient à terme suffisamment présentes. Un suivi et un entretien des ouvrages de génie biologique sont indispensables pour veiller à ce que la végétation occupe bien les zones-clé du lit de la ravine.

Règles d'intervention

La végétation permet de lutter contre l'érosion à l'échelle des ravines du bassin versant. Pour cela, il faut en premier lieu maîtriser l'érosion régressive en stabilisant les berges des lits principaux du bassin, car la végétation ne peut se développer que sur des terrains temporairement stabilisés. En effet, toute opération de réhabilitation doit débuter par une stabilisation des sols et une lutte contre l'érosion concentrée. Une intervention par génie civil est ainsi indispensable dans les lits principaux des torrents en préalable à toute opération de végétalisation des ravines.

Une fois le lit principal corrigé, il est possible d'envisager la revégétalisation voire l'extinction des ravines. Notons qu'il est utopique voire dangereux d'espérer une végétalisation des lits principaux. Outre les plantations, le génie biologique en contexte torrentiel fait souvent appel aux techniques de bouturage (Barrouillet, 1982). Trois types d'ouvrages sont utilisés : les cordons, les fascines et clayonnages, les garnissages. Ils sont constitués, entre autres, de boutures, c'est-à-dire de parties de plants – essentiellement des saules – qui, mis en contact avec le sol, vont émettre des rejets à partir des bourgeons. Les boutures ont la faculté de se développer rapidement en offrant une couverture du sol efficace en terme de protection contre l'érosion. Ces ouvrages de génie biologique peuvent être accompagnés par des plantations, de l'enherbement (surtout avec la bauche) ou de l'engazonnement.

De par leur morphologie, les ouvrages de génie biologique ont une efficacité différente pour le piégeage à court terme des sédiments. Ainsi, les cordons de boutures présentent une partie aérienne permettant de piéger, tel un peigne, les sédiments les traversant. Par contre, les fascines, les clayonnages et les garnissages ne permettent pas de piéger immédiatement des sédiments ; ce n'est qu'une fois la reprise des boutures engagée que ce rôle commencera. Mais les fascines (et les clayonnages) sont les ouvrages les plus adaptés, de par leur résistance, à la végétalisation des lits de ravine. Il apparaîtrait dès lors un moyen de combiner les avantages des cordons et des fascines, en construisant des « cordons sur fascines » : sur l'atterrissement de matériaux au-dessus de la fascine, il s'agirait de placer des rangées de boutures et de créer ainsi des haies végétales allant d'une berge à l'autre du lit.

A l'intérieur des ravines, on peut tenter de définir une stratégie pour le choix des ouvrages de génie biologique à utiliser, suivant la localisation d'intervention sur la ravine. Cette stratégie est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Proposition d'une stratégie de choix des ouvrages de génie biologique en fonction de la position d'installation de l'ouvrage sur la ravine

Position sur la ravine	lit	berge	bas de versant
Ouvrages à utiliser	<i>cordons sur fascines + garnissages + bauche</i>	<i>cordons + bauche</i>	<i>fascines et clayonnages + bauche</i>

Accompagnement et gestion durable de l'écosystème réhabilité

La protection contre l'érosion assurée par les végétaux installés, dits de « première génération », va être effective jusqu'au vieillissement – et donc à la déstabilisation – de ces végétaux. La durabilité de la protection contre l'érosion à long terme va dépendre de la pérennité de la couverture végétale. Les forêts de protection connaissent souvent aujourd'hui des problèmes d'instabilité dus à leur âge avancé, leur monospécificité, leur état sanitaire dégradé par les attaques parasitaires, leur densité trop forte et leur manque d'entretien (Vallauri *et al.*, 1997). Des reprises d'érosion suite à une déstabilisation des arbres peut être envisagée dans certaines ravines, ce qui pourrait avoir des répercussions sur les productions sédimentaires aux exutoires des bassins versants. La couverture végétale doit donc être pérennisée pour assurer une protection durable contre l'érosion. En parallèle, l'entretien du génie civil peut être minimal par endroits. L'amorce naturelle d'une deuxième génération végétale peut être effective ou non, et nécessiter une intervention humaine d'accompagnement de la dynamique végétale (éclaircies dans les peuplements forestiers, reboisements complémentaires...).

Priorités d'intervention

Une réflexion à l'échelle du bassin versant – donc de l'aménagement forestier – doit d'abord être menée. Rey *et al.* (1998) proposent pour cela une méthode de détermination et de cartographie de Zones d'Interventions Forestières Prioritaires (ZIFP) pour la protection contre l'érosion. Cette méthode fait intervenir des critères d'une part d'importance et de probabilité d'occurrence de l'aléa, d'autre part de stabilité des forêts. Elle préconise ainsi des interventions prioritaires en cas de forte probabilité d'occurrence de l'aléa et de faible stabilité de la forêt de protection. Cette méthode permet une approche globale, à l'échelle d'un bassin versant. La détermination des zones prioritaires d'intervention peut ainsi être réalisée par parcelle forestière de quelques hectares.

Les connaissances acquises sur l'influence passive de la végétation sur l'érosion permettent d'affiner les stratégies de choix des zones à traiter en priorité, à l'échelle plus précise de la ravine. Il est en effet possible, à l'intérieur d'un bassin versant de même note de ZIFP, de mettre en évidence les ravines végétalisées inactives où la protection contre l'érosion par la végétation forestière est susceptible d'être remise en cause à brève échéance : ces ravines sont à traiter prioritairement. Pour ce faire, il faut déterminer la plus ou moins grande stabilité des ravines afin de définir les priorités d'intervention selon les ravines rencontrées.

Une fois effectué le choix des ravines à traiter en priorité, on peut tenter de déterminer l'étendue de l'intervention suffisante pour maintenir l'extinction d'une ravine. En effet, il n'est pas nécessaire pour cela de renouveler l'ensemble d'une forêt âgée sur une ravine complètement végétalisée. On peut définir à l'intérieur de la ravine des zones de « non-intervention ». Il est en effet possible de laisser des zones en érosion non végétalisées sans

que les sédiments érodés sur ces zones ne rejoignent l'exutoire de la ravine. Dans ces zones, une reprise d'érosion suite à une disparition de la couverture végétale ne serait pas préjudiciable en terme de production de sédiments à l'exutoire des ravines concernées. Ces zones de non-intervention correspondent à la partie amont de chaque ravine élémentaire, partie d'ailleurs souvent la plus difficilement exploitable par coupe forestière. La couverture végétale minimale à maintenir dans les lits dans le cas d'un renouvellement de forêt vieillie dépend alors de la répartition actuelle de la couverture végétale au sein de la ravine. On peut préconiser des interventions garantissant le maintien d'une couverture végétale à l'aval de la ravine, au sol et dans le lit de celle-ci. Des compléments d'intervention par utilisation d'ouvrages de génie biologique peuvent se révéler nécessaires.

Règles d'intervention

Il apparaît indispensable de ne pas choisir la parcelle forestière comme unité d'exploitation élémentaire ; il faut en effet éviter de pratiquer une « coupe rase » à l'échelle d'une ravine entière. Nous avons vu qu'il n'était pas indispensable d'exploiter l'amont d'une ravine ; seule la couverture à l'aval de la ravine est indispensable en terme de lutte contre la production sédimentaire des ravines. Dans cette zone aval à exploiter, il faut assurer le maintien de la couverture végétale, notamment des arbustes. Il faut veiller à alterner zones végétalisées denses et zones de coupe pendant tout le temps de l'exploitation. Outre la gestion des arbres, il convient également de maintenir une couverture végétale au sol dans les ravines inactives.

CONCLUSION

Les stratégies proposées peuvent être prises en compte pour l'aménagement des forêts à rôle de protection contre l'érosion, aussi bien que pour repenser une politique de revégétalisation-reboisement à l'échelle d'un bassin versant régional (par exemple celui de la Durance), sur la base d'une gestion optimale. En outre, les zones fragiles d'un bassin versant peuvent faire l'objet d'un zonage dans les Plans de Préventions des Risques naturels (PPR), au titre de « zones vertes ». Par ailleurs, les gestions envisagées à l'échelle locale, relatives au risque torrentiel et à l'envasement des retenues hydroélectriques, doivent être en adéquation avec la gestion mise en œuvre à l'échelle régionale, échelle à laquelle les dispositions adoptées à l'amont peuvent entraîner des effets défavorables, par exemple une incision accrue des lits des cours d'eau liée à la perte de charge solide de ceux-ci. Forestiers, géographes et aménageurs du territoire doivent donc se rencontrer et trouver ensemble des solutions.

BIBLIOGRAPHIE

- Barrouillet J. 1982. *La revégétalisation dans les Alpes du Sud ; choix et emploi des espèces herbacées ou arbustives*. Grenoble : Cemagref, 148 p. (Mémoire de 3ème année ENITEF).
- Beuselinck L., Steegen A., Govers G., Nachtergaele J., Takken I. Poesen J. 2000. Characteristics of sediment deposits formed by intense rainfall events in small catchments in the Belgian Loam Belt. *Geomorphology*, vol. 32, pp. 69-82.
- Bochet E., Poesen J., Rubio J.L. 2000. Mound development as an interaction of individual plants with soil, water erosion and sedimentation processes on slopes. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 25, pp. 847-867.

- Bonnet D. 1983. *Prise en compte des risques naturels en forêt de montagne : quelques réflexions dans le cas des forêts soumises des Alpes du nord*. Grenoble : Cemagref, 106p. (Mémoire de 3^{ème} année ENITEF).
- Combes F., Hurand A., Meunier M. 1995. La forêt de montagne : un remède aux crues. In *Compte-rendu de recherches n°3. BVRE de Draix*. Cemagref éditions, Grenoble, pp. 113-121.
- Fleuriel M. 1998. *Synthèse bibliographique : forêt et écoulement des eaux*. Aix-en-Provence : Université de Provence, 29 p. (Mémoire de DEA).
- Fort C. 1999. L'eau et la forêt. *Bulletin Technique de l'ONF*, n°37 spécial, 240 p.
- Handel S.N., Robinson G.R., Parsons W.F.J., Mattei J.H. 1997. Restoration of woody plants to capped landfills: root dynamics in an engineered soil. *Restoration Ecology*, vol. 5, pp. 178-186.
- Humbert J., Najjar G. 1992. *Influence de la forêt sur le cycle de l'eau en domaine tempéré : une analyse de la littérature francophone*. Strasbourg : CEREG, 85 p.
- Lavabre J., Andreassian V. 2000. *La forêt : un outil de gestion des eaux ?* Cemagref Editions, Paris, 116 p.
- Martinez-Mena M., Alvarez Rogel J., Albaladejo J., Castillo V.M. 1999. Influence of vegetal cover on sediment particle size distribution in natural rainfall conditions in a semiarid environment. *Catena*, vol. 38, pp. 175-190.
- McIvor J.G., Williams J., Gardener C.J. 1995. Pasture management influences runoff and soil movement in the semi-arids tropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 35, pp. 55-65.
- Moir W.H., Ludwig J.A., Scholes R.T. 2000. Soil erosion and vegetation in grasslands of the Peloncillo Mountains, New Mexico. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 64, pp. 1055-1067.
- Morgan R.P.C. 1990. Modelling the effect of vegetation on air flow for application to wind erosion control. In *Vegetation and erosion: processes and environments*. Ed. J.B. Thornes. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, pp. 85-98.
- O'Loughlin C., Xinbao Z. 1986. The influence of fast-growing conifer plantations on shallow landsliding and earthflow movement in New Zealand steeplands. *18th IUFRO World Congress, Ljubljana (Yugoslavia), IUFRO*.
- Rey F. 2002. *Influence de la distribution spatiale de la végétation sur la production sédimentaire de ravines marneuses dans les Alpes du Sud*. Grenoble : Université Joseph Fourier / Cemagref, 183 p. (Thèse de doctorat).
- Rey F., Chauvin C, Berger F. 1998. Détermination de zones d'interventions forestières prioritaires pour la protection contre l'érosion dans les Alpes du sud. *Revue forestière française*, vol. L, n° spécial « Gestion multifonctionnelle des forêts de montagne », pp. 116-127.
- Rogers R.D., Schumm S.A. 1991. The effect of sparse vegetative cover on erosion and sediment yield. *Journal of Hydrology*, n° 123, pp. 19-24.
- Rovéra G., Robert Y., Coubat M., Nedjaï R. 1999. Erosion et stades biorhexistatiques dans les ravines du Saignon (Alpes de Provence) ; essai de modélisation statistique des vitesses d'érosion sur marnes. *Etudes de Géographie Physique*, travaux 1999, vol. 28, pp. 109-115.
- Sanchez G., Puigdefabregas J. 1994. Interactions of plant growth and sediment movement on slopes in a semi-arid environment. *Geomorphology*, vol. 9, pp. 243-260.
- Vallauri D., Chauvin C., Mermin E. 1997. La restauration écologique des espaces forestiers dégradés dans les Alpes du Sud. Chronique de 130 ans de restauration et problématique actuelle de gestion des forêts recrées en Pin noir. *Revue Forestière Française*, vol. 49, n°5, pp. 433-449.
- Van-Dijk P.M., Kwaad F.J.P.M., Klapwijk M. 1996. Retention of water and sediment by grass strips. *Hydrological Processes*, vol. 10, pp. 1069-1080.
- Viles H.A. 1990. 'The agency of organic beings': a selective review of recent work in biogeomorphology. In *Vegetation and erosion: processes and environments*. Ed. J.B. Thornes. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, pp. 5-24.
- Zordia M. 1977. *Lutte contre les inondations par la reforestation*. 23 p.