

EUROPE

Les rivières et torrents de montagne présentent de très nombreuses singularités.

Sous l'effet des contraintes climatiques et des fortes pentes, l'hydraulique de ces cours d'eau s'accorde de plus en plus avec la notion de risque et est aujourd'hui une question centrale dans l'aménagement des bassins versants des territoires de montagne.

À l'intérieur de ces massifs, l'eau est omniprésente et la diversité des milieux (lacs, zones humides, sources...) et des conditions de vie qu'ils offrent permettent une biodiversité exceptionnelle qui nécessite la plus grande attention.

Enfin, sur ces territoires, la plupart du temps peu habités mais lieux de villégiature estivale et hivernale très prisés, les problématiques de la gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau (assainissement, adduction en eau potable, partage) se posent de plus en plus et sont un enjeu majeur du développement de ces vallées.

Sur l'ensemble de ces questions posées aux collectivités et aux gestionnaires, cet ouvrage propose des retours d'expériences et de travaux menés par d'autres gestionnaires, bureaux d'étude et universitaires... pour une meilleure prise en compte des spécificités des rivières de montagne.

Outils de gestion de l'eau en territoire de montagne



Outils de gestion de l'eau en territoire de montagne

Collection éditée avec le soutien / Collezione stampata col sostegno:



O.N.E.M.A.
 Office National de l'Eau
 et des Milieux Aquatiques



Du constat d'enfoncement du lit fluvial aux actions de recharge sédimentaire : quelles solutions pour une gestion raisonnée de nos cours d'eau ?

Norbert LANDON

Maître de Conférences - Université Lumière - Lyon 2
Institut de Recherche en Géographie (LRGE) - UMR5600 du CNRS
5 av. P. Mendès France - CP11 - 69676 Bron cedex
Norbert.Landon@univ-lyon2.fr

Résumé :

Du constat récurrent de l'incision des lits fluviaux, aux actions entreprises actuellement pour favoriser la recharge et le transit des matériaux dans les cours d'eau français de montagne et de piémont, cet article a pour objectif de dresser un état de la question et de témoigner des actions entreprises dans le cas de la rivière Drôme (premier S.A.G.E. mis en place en France par arrêté préfectoral en décembre 1997).

INTRODUCTION : L'ENFONCEMENT DES LITS FLUVIAUX EN EUROPE OCCIDENTALE

Un constat récurrent

Même si l'incision des lits fluviaux n'est pas une spécificité montagnarde, il est avéré qu'on l'observe depuis parfois plusieurs décennies sur de nombreux cours d'eau que ce soit en zone intra-montagnarde ou en zone de piémont. Le Var (PRUDHOMME, 1975 ; MARGAT et al., 1986), le Gardon (AUDEMA, 1981), le Rhône (BRAVARD, 1986), l'Arve (PEIRY, 1987, 1989 ; BLANC et al., 1989), la Durance (GABERT, 1991), l'Ain (BRAVARD et al., 1990), le Fier et l'Isère (BRAVARD, 1991), le Buëch (GAUTIER, 1994), la basse vallée du Drac, l'Arc, le Giffre moyen, la Romanche (PEIRY et al., 1994), l'Ardèche, l'Eyrieux, le Doux, l'Aygues, la Drôme (LANDON, 1996, 1999), la Bienne (Landon et al., 2000), l'Adour, le Gave de Pau et la Garonne (BEAUDELIN, 1989), le Golo (MARGAT et al., 1986), la Têt, le Tech et l'Agly (MUSSOT et al., 1995) sont autant d'exemples français non exhaustifs qui témoignent de cette tendance à l'incision quasi-générale de nos cours d'eau montagnards. Pour certains tronçons, des valeurs records ont été enregistrées comme sur l'Arve au Fayet ou le Fier à proximité d'Annecy avec des enfoncements respectifs de 12 et 14 m. Mais le plus souvent le phénomène d'incision

n'est que de quelques mètres et affecte un linéaire de lit très important pouvant parfois atteindre plusieurs dizaines de kilomètres.

Loin d'être exclusivement français, ce phénomène affecte également d'autres cours d'eau montagnards européens comme l'Aurin, l'Oros, l'Olivan et l'Ijuez dans les Pyrénées centrales espagnoles (Castroviejo et al., 1990, 1991) et certains torrents de la Sierra de la Demanda (Gomez-Vilar et al., 1991) avec des valeurs moyennes de l'ordre de 2 m. Très précocement, cette incision fut également observée sur les cours d'eau italiens d'Emilie-Romagne comme le Panaro, le Secchia ou encore le Santerno (PELLEGRINI et al., 1979, BRAVARD, 1994) avec des valeurs records pour ces deux derniers puisqu'à la fin des années 1970 l'incision atteignait localement 12 à 13 m. En Allemagne, M. Reich (1994) évoque le même problème en citant le cas de plusieurs cours d'eau bavarois comme par exemple : la Lech au Sud d'Augsburg incisée dès le début du siècle de près de 4 m, l'Isar dans la région de Munich avec des incisions de l'ordre de 5 à 8 m constatées dès 1905. Toujours en Bavière, le même constat a été fait sur la basse Salzach notamment au Nord de Laufen où l'incision, depuis 1820, atteint une valeur moyenne de l'ordre de 3 m et peut localement dépasser 5 m (FOECKLER et al., 1994).

Une réponse à la variation des débits solide et liquide

Synthétisant les travaux de S.-A. Schumm (1977), de A.-D. Knighton (1984) et de L. Starkel (1983), J.-P. Bravard et D.-J. Gilvear (1993) montrent, d'une part que les changements enregistrés par le débit liquide (QL) et la charge de fond (QS) se traduisent par des

ajustements multiples de la géométrie des lits fluviaux, et d'autre part qu'il existe une réponse de cette géométrie à l'évolution de la charge QS par rapport au débit QL. Que ce soit la profondeur du chenal ou que ce soit la valeur de sa pente, dans tous les cas, ces variables géométriques, déterminantes pour la définition des profils en long et en travers des cours d'eau, enregistrent des changements (tabl.1).

Tableau 1 - Modifications du profil en long des cours d'eau provoquées par des changements du débit QL et de la charge QS, et réponse à l'évolution de QL par rapport à QS (d'après LANDON, 1999, adapté de BRAVARD et GILVEAR, 1993).

Évolution des Variables		Géométrie des profils en long (P _L) et en travers (P _T)				Changements relatifs de Q _L par rapport à Q _S	Évolution du plancher alluvial	Réponse des profils P _L et P _T		
Q _L	Q _S	P	L	L/P	S			P	L	S
+	+	±	+	+	±	Q _L < Q _S	incision	+	-	+
-	-	±	-	-	±	Q _L > Q _S	aggradation	-	-	+
+	-	+	±	±	-	Q _L > Q _S	incision	+	+	-
-	+	±	±	±	+	Q _L < Q _S	aggradation	-	+	-

+ = augmentation, - = diminution

P = profondeur du chenal, L = largeur du chenal, L/P = rapport largeur-profondeur, S = pente.

DES CAUSES MULTIPLES, PARFOIS ANCIENNES...

Si les mécanismes de l'incision des cours d'eau sont bien connus, en revanche les causes sont beaucoup plus difficiles à mettre en évidence.

Pendant longtemps, les chercheurs se sont attachés à démontrer le rôle des variations de la charge solide par rapport à la capacité de transport dans la formation des terrasses alluviales à l'échelle des temps géologiques avant que ne soit démontrée la réalité de phénomènes d'érosion et de remblaiement à une échelle de temps moyenne, multi-séculaire.

Il est aujourd'hui possible de recenser les principales causes de l'incision (tabl. 2) mais le résultat des nombreuses recherches menées au cours des 30 dernières

années, notamment sur les cours d'eau cités précédemment, montre qu'elles sont souvent combinées et que l'évolution peut être effectivement rapide (ex. dans tabl.3).

Si nous recensons les principaux agents de cette évolution, nous pouvons en distinguer au moins quatre :

1. le tarissement de la recharge sédimentaire dans les têtes de bassins végétalisées depuis la seconde moitié du 19^e siècle, après la période dite du petit âge glaciaire (1350-1850) et des siècles de surexploitation forestière, pastorale et agricole ;
2. la perturbation des transits naturels, dans les vallées aménagées, tant au niveau des flux liquides que des flux solides ;
3. la modification brutale du style fluvial des cours d'eau par les aménagements visant à contrôler la divagation des chenaux ;

4. l'exploitation des granulats dont l'ampleur des impacts au niveau de la géométrie des cours d'eau atteint parfois celle enregistrée à l'échelle des temps géologiques.

Tableau 2 - Recensement des principales causes permettant d'expliquer l'incision des cours d'eau (d'après GALAY, 1983, complété par LANDON, 1999).

Mécanisme	Cause principale	Origine de la cause
1. Érosion progressive	Diminution du débit solide	1. Construction de barrage 2. Construction de seuil 3. Extraction de matériaux 4. Dérivation de la charge solide 5. Changement d'usage des terres 6. Stockage de la charge solide
	Diminution du débit liquide Diminution de la taille des matériaux de la charge solide Autres	7. Dérivation des eaux 8. Crues plus rares 9. Processus interne au cours d'eau lié au phénomène local de pavage 10. Rivière débouchant d'un lac d'altitude 11. Fonte d'une subsurface de permafrost
2. Érosion régressive	Abaissement du niveau de base Diminution de la longueur du cours d'eau Suppression d'un point de contrôle du profil en long	12. Chute du niveau d'un lac 13. Chute du niveau du cours d'eau principal 14. Extraction de matériaux 15. Recoupement 16. Chenalisation et recalibrage 17. Déplacement horizontal du niveau de base 18. Capture du cours 19. Érosion naturelle 20. Suppression d'un seuil ou d'un barrage

Tableau 3 - L'incision des affluents du Haut-Rhône français et des rivières des Alpes du nord (d'après LANDON, 1999)

	Constat				Causes					
	L_j km	Période d'incision la + active	V_r m	Volume ⁽¹⁾ perdu	↓ de Qs et Ql post-P.A.G.	Endiguement Long. Import.	Périm. RTM	Barrage Dérivation	Extraction lit mineur	
Arve	50	post 1950	12	41 M.t ⁽²⁾	déterminé	oui	oui	oui	oui	
Fier	30	post 1950	14	2 M.m ³	probable		oui	dès 1909	oui	
Ain	51	post. 1850	5,5	?	déterminé	faible		dès 1930	oui	
Drac inf.	15	post 1950	4	10 M.m ^{3*}	probable	oui	oui	oui	oui	
Drac sup.	?	post 1970	4	5,5 M.m ^{3*}	probable			dès 1931	oui	
Arc aval	10	post 1970		?	probable	oui	oui	dès 1950	oui	
Giffre	12	post 1970	6,5	5 M.m ^{3*}	probable	oui	oui	oui	oui	
Romanche	15	post 1970		?	probable	oui	oui	dès 1907	oui	
Isère	80	post 1950		9 M.m ^{3*}	déterminé	oui	oui	dès 1900	oui	
Effets induits					↓ capacité du cours d'eau	↓ recharge latérale = $\uparrow C_s$	↓ de C_{SPE}	↓ transit C_s	↓ = $C_s, \uparrow S$, ↑ de Ω	

L_j = Longueur de cours d'eau incisée ; V_r = Valeur record ; ↓ = diminution

⁽¹⁾ Bilan du volume total de matériaux disparus par incision, ou * estimation des volumes extraits (période de référence : 1950-1985) ; ⁽²⁾ Quantité extraite + déstockage induit (d'après Blanc et al, 1989)

Qs = flux solide et Ql = flux liquide ; P.A.G. = Petit Age Glaciaire ; Cft = confluent

RTM = travaux du service de Restauration des Terrains de Montagne.

C_s = Charge Solide ; C_{SPE} = Charge Solide Potentiellement Érodable ; S = Pente du lit, Ω = Puissance hydraulique.

... ET DE NOMBREUX IMPACTS

L'approfondissement contemporain des lits fluviaux entraîne de multiples conséquences sur l'environnement naturel mais également sur les aménagements et les activités humaines. Nombreuses sont les études mettant en évidence ces effets qui intéressent bien entendu directement le lit actif du cours d'eau mais également les autres unités de l'hydrosystème. Du fait des relations très

étroites entre la bande active, les berges, les milieux annexes, la plaine alluviale (ou lit majeur) et parfois même le bassin versant, l'ensemble subit des conséquences plus ou moins directes, parfois inter-dépendantes qui se cumulent dans le temps. Le tableau 4 présente pour chacune des unités les principaux impacts.

Tableau 4 - Synthèse des conséquences induites par l'incision rapide des cours d'eau depuis quelques décennies (d'après LANDON, 1999, modifié)

Espaces	Phénomènes observés
<i>Bande active</i>	Abaissement de la ligne d'eau d'étiage, du fait de l'abaissement des nappes d'accompagnement, pouvant poser des problèmes d'eutrophisation et, par conséquence, des impacts hydro-biologiques
	Augmentation de la capacité hydraulique du lit mineur par effet de chenalisation d'où une augmentation de la puissance hydraulique avant débordement et une accélération du transit pouvant aggraver les crues dans les zones situées à l'aval
	Variation de la granulométrie par apparition d'un pavage ou par colmatage entraînant une modification des habitats de la faune aquatique
	Diminution de la capacité d'auto-épuration des cours d'eau par disparition des alluvions au profit du substratum rocheux
	Diminution des migrations latérales lorsque le cours d'eau s'enfonce dans le substratum sous-jacent
	Déstabilisation des ouvrages transversaux (ponts, seuils, barrages) par affouillement du fait de l'érosion régressive ou progressive
	Déstabilisation des traversées sous fluviales (pipelines et conduites diverses)
	Nécessité d'implanter des seuils pour stabiliser le profil en long et les ouvrages existants
	Multiplication des obstacles aux migrations de certaines espèces de poissons (seuils naturels ou artificiels infranchissables nécessitant des passes)
<i>Berges</i>	Augmentation de la sensibilité des berges à l'érosion par déstabilisation de la végétation rivulaire du fait d'affouillements en dessous des systèmes racinaires
	Déstabilisation des protections de berge
	Assèchement des canaux par déconnexions des prises d'eau
	Modification de la granulométrie par apparition de paléo-dépôts (pavage)
<i>Milieux annexes</i>	Diminution des échanges avec les nappes par la mise à nu du substratum rocheux
	Déconnexions et assèchement des chenaux secondaires ou des anciens méandres
	Diminution de l'inondabilité nécessaire pour l'évolution, le rajeunissement et la reproduction des espèces alluviales
	Diminution du rôle de refuge lors des crues de faibles fréquences de retour
	Disparition de zones de fraie et de nidification
	Viellissement et extension de la végétation par diminution des destructions dues aux crues de faibles fréquences de retour
<i>Plaine alluviale du lit majeur</i>	Modification, dans les plaines, de la forêt alluviale (passage plus ou moins progressif à des espèces à bois durs)
	Abaissement du niveau des nappes phréatiques
	Assèchement des canaux par déconnexions, drainage de la nappe
	Diminution de l'inondabilité par augmentation de la capacité hydraulique du lit mineur
<i>Bassin versant</i>	Changement d'usage de la plaine alluviale moins soumise au risque d'inondation (construction d'habitations et de zones industrielles, modification des types de cultures)
	Augmentation des coûts d'entretien des ouvrages pour les communautés riveraines et des coûts d'exploitation de la ressource en eau qui doit être diversifiée
	Extension du phénomène à l'ensemble du bassin versant par érosion régressive des affluents
	Modification du style fluvial et des paysages des vallées alluviales induite notamment du fait de la chenalisation

QUELLES SOLUTIONS ENVISAGEABLES POUR PERMETTRE LA RECHARGE ? RETOUR D'EXPÉRIENCE : LE CAS DE LA DRÔME

Comme sur de nombreux autres cours d'eau, un certain nombre d'impacts précédemment évoqués mais également leur coût économique ont conduit les gestionnaires du bassin versant de la Drôme à une réelle prise de conscience au début des années 1990 (Bravard, 1991 ; Landon, 1996). En effet, les cours d'eau n'ont plus les mêmes caractères que ceux connus par les communautés riveraines jusqu'au 19^e siècle car bien souvent les conditions de mise en valeur des bassins versants et les conditions climatiques ont changé. De plus, au cours des dernières décennies, on a bien souvent confondu deux éléments différents qui sont d'une part, la présence de bancs de galets et un transport important par charriage, et d'autre part, la capacité de renouvellement des matériaux extraits ou prélevés au titre de l'entretien. Un tel contexte a conduit à l'incision quasi-généralisée de la Drôme (2 à 5 m) et de ses affluents.

A l'état naturel, cette rivière est un cours d'eau à forte charge de fond, typique des piémonts subméditerranéens. Son originalité tient à plusieurs caractéristiques : cours d'eau en tresses, absence de grands aménagements, fonctionnement hydrologique non perturbé, valeur écologique exceptionnelle de certains tronçons (photo.1).

Cependant, cette description plutôt positive ne doit pas masquer les très fortes contraintes humaines qui se sont exercées depuis près de deux siècles sur l'hydrosystème et qui se traduisent aujourd'hui par un déficit sédimentaire quasi-généralisé à l'échelle des



Photographie 1 – La Réserve Naturelle des Ramières du Val de Drôme (cliché N. Landon, 1995)

cours d'eau de rang 4 à 6 du bassin de la Drôme. Endiguement (photo.2), stabilisation par les services de Restauration des Terrains de Montagne et extractions de granulats sont autant d'éléments qui se sont succédés dans le temps depuis la fin du 18^e siècle.



Photographie 2 - Endiguement de la Drôme dans sa basse vallée à l'aval de Crest (cliché N. Landon, 1995)

Subissant les impacts directs ou indirects induits par l'incision quasi-généralisée de la Drôme et de ses affluents (photo. 3), les communautés riveraines rassemblées dans le cadre de la mise en place du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux au sein de leur Commission Locale de l'Eau, se sont fixées de nouvelles orientations en matière de gestion des matériaux constituant la charge solide en transit dans le réseau hydrographique (SAGE approuvé en 1997). Ces orientations, issues de plusieurs expertises sur le fonctionnement physique du bassin versant (Landon et al., 1995, 1997, Bravard et al., 1997, Liébault et al., 1999) proposent notamment des actions visant à favoriser les entrées et le transit sédimentaires.



Photographie 3 – Déchaussement de la Digue de Crest (cliché N. Landon, 1996)

Les principaux objectifs fixés par la CLE dès 1997 sont :

- 1/ stopper le phénomène d'incision quasi-généralisé des cours d'eau du bassin versant ;
- 2/ préserver la charge de fond et sa liberté de transit ;
- 3/ surveiller l'évolution du lit de la Drôme dans les secteurs à risques (80 KF HT/an) ;
- 4/ mettre en place une gestion physique efficace et pérenne des cours d'eau.

En terme de moyens, il a été décidé de favoriser les opérations permettant de restaurer l'équilibre des cours d'eau (300 KF HT/an). Le SAGE préconise, entre autre et dans la mesure du possible, de remobiliser les stocks de granulats dans les secteurs en situation de stabilité du profil en long, pour en favoriser le transit vers les zones déficitaires. La CLE a également décidé d'éviter l'édification de nouveaux barrages et de nouvelles digues qui bloqueraient la recharge et/ou le transit des granulats. Elle a également inscrit de tenter la restauration d'un potentiel de recharge. Le SAGE cite à titre expérimental d'entreprendre des actions volontaires de déboisement ou d'aménagement des ouvrages RTM sur certains versants graveleux, de définir des zones de berges érodables. Ceci bien sûr pour des secteurs où ces actions auraient peu d'impacts sur l'activité humaine. Enfin, il a été décidé de créer un fond de solidarité amont-aval afin de permettre aux acteurs du haut-bassin de compenser le surcoût lié à la limitation des prélèvements de graviers en rivière.

Parfois originales, certaines actions ont pu faire l'objet soit d'expérimentations, soit d'actions reconduites dans le temps. D'autres ont encore du mal à se mettre en place.

Des actions pour favoriser les entrées sédimentaires

Depuis 1996, avant même la signature du SAGE, plusieurs expériences originales ont été menées à l'échelle du bassin versant de la Drôme :

- Remontées de matériaux depuis le piège à graviers de la CNR à Loriol jusqu'au pied des digues déstabilisées de Livron (20 000 m³),

- Recharge artificielle d'un affluent (le Bez via le torrent des Gâts) par déversement de matériaux naturels de concassage issus du percement du tunnel de Boulc (30 000 m³).

A partir de 1998, une réflexion et des actions se sont développées autour de la question de la recharge active par déstabilisation des dépôts alluvionnaires phyto-stabilisés des marges des bandes actives et des dépôts colluvionnaires des versants.

- L'activation de l'espace de divagation des cours d'eau a été initiée à titre expérimental. Non défini de façon systématique sur l'ensemble du cours d'eau, le potentiel que représenterait l'espace de liberté (au sens du guide technique inter-agence de l'eau) est néanmoins testé actuellement dans le cadre d'un programme européen « Eau-forêt » afin d'établir notamment quelles sont les capacités effectives de recharge des tronçons les plus incisés par déstockage des marges alluvionnaires stabilisées par la ripisylve (cf. <http://www.valdedrome.com/fr/documentation/>).
- Le non entretien de certains ouvrages ou de certaines parcelles boisées artificiellement (travaux RTM du 19^e s.) est également au cœur de la réflexion. Là encore, une démarche expérimentale est initiée dans le cadre du programme précité afin d'évaluer l'ensemble des impacts physiques mais également humains d'un déboisement volontaire d'une parcelle en tête de bassin.

Parfois des actions encore plus audacieuses ont pu être étudiées comme le transfert, via le train, d'alluvions provenant de pièges à graviers localisés en tête de bassin en directions des tronçons les plus incisés à l'aval (Liébault et al., 2002). Économiquement viable, ce projet n'a pas pu être encore réalisé à cause du cadre réglementaire inadapté.

Des actions pour favoriser le transit sédimentaire

- Le recouplement de bancs d'accumulation avec essartage total ou partiel pour favoriser la remise en mouvement des matériaux est régulièrement pratiqué. Là encore, initié dès 1997 à titre expérimental grâce au concours de la D.D.E., en charge de la Police de l'Eau (LANDON et al. in C.F.P.F., 1998), ce type d'opération est régulièrement reconduit sur la Drôme afin de gérer les problèmes d'accumulations jugés chroniques ou critiques au regard du risque d'inondation (photo. 4 et 5).
- Enfin, depuis une quinzaine d'années, conséquence utile du rapprochement entre les services initié par la Loi sur l'eau, l'Office Nationale des Forêts s'efforce de mettre en pratique le principe de « remobilisation des sédiments par accélération », en même temps que sont mis en place les outils de suivi des phénomènes. Ainsi, la gestion des sédiments piégés dans les ouvrages RTM procède actuellement systématiquement du souci de les dégager vers l'aval, et non plus seulement latéralement ; dans certains cas, il est même prévu de leur faire franchir des seuils de correction en les poussant vers l'aval lorsque la situation le permet (LANDON et al., 1999b).



Photographie 4 – Essartage, dessouchage, scarification et tranchée de re-mobilisation dans une zone endiguée (cliché N. Landon, 2003)



Photographie 5 - Essartage, dessouchage, scarification et tranchée de re-mobilisation dans un banc de convexité d'un méandre (cliché N. Landon, 2003)

CONCLUSION

L'ensemble des actions évoquées ci-dessus semble démontrer que la gestion du transit des matériaux et de la recharge peut être envisagée sans actions de prélèvements tout en prenant en compte les enjeux riverains.

Néanmoins, quel que soit le cadre, il convient d'être prudent quant à la continuité des engagements dans le temps et surtout face aux événements hydrologiques pouvant être parfois qualifiés d'exceptionnels. Ainsi, alors qu'en 1997 on déversait près de 30 000 m³ de matériaux de concassage dans le torrent des Gâts (affluent du Bez) au titre de la recharge d'un cours d'eau gravement incisé, les services de l'État autorisaient en 2004, sur le même site, l'extraction de 20 000 m³ de matériel alluvionnaire au titre de la prévention contre les crues (un crue pluri-décennale ayant affectée le bassin quelques mois plus tôt). Ceci, alors même qu'un pont s'affaissait 20 km en aval par affouillement de sa culée de rive gauche nécessitant sa reconstruction...

Il est clair qu'aujourd'hui l'expérimentation ne doit pas se faire sans mettre en place des protocoles de suivi après un état des lieux précis. Trop d'actions de gestion

sédimentaire de cours d'eau sont encore entreprises sans vraiment de protocoles clairement définis. Parfois cela fonctionne, parfois cela ne fonctionne pas. Dans les 2 cas on ne sait pas forcément pourquoi ; c'est notamment le cas des tranchées de re-mobilisation. Cela donne souvent aux détracteurs de la gestion sans prélèvements, à tort ou à raison, des arguments pour réclamer l'extraction. Bien évaluer les conséquences physiques et humaines des actions de re-mobilisation ou d'injection de sédiments semble donc un préalable indissociable de la démarche de planification. Même s'il reste un élément indispensable, le fait de s'engager dans une démarche de gestion, ici « douce et durable », ne suffit pas à en assurer sa réussite.

Par ailleurs, il est également clair qu'on ne peut pas se lancer dans de telles opérations sans expliquer aux communautés riveraines le fonctionnement physique des cours d'eau et le bien fondé des actions qui vont être mises en place.

Enfin, les démarches entreprises dans le bassin de la Drôme ne sont pas forcément toujours transposables à l'identique. En zone de montagne, il faut notamment s'interroger sur la notion de continuité amont-aval. Les grands ouvrages hydroélectriques ont très largement contribué à la segmentation du transit. Aussi, quel serait l'intérêt d'une réactivation du transit en amont d'un ouvrage si les conditions de franchissement de celui-ci ne sont pas réunies ?

Un diagnostic hydro-géomorphologique conduisant à une approche convenable du bilan sédimentaire est donc un préalable indispensable pour une gestion parfois différenciée du bassin versant.

Bibliographie

- AUDEMA M., 1981, « Possibilités et limites d'extraction de granulats dans le Gard », extrait du thème 6 du séminaire national sur La gestion régionale des sédiments, Propriano, 27-29 mai 1981, bulletin du BRGM (2) III, n°1 : 21-27.
- BEAUDELIN P., 1989, « Conséquences de l'exploitation des granulats dans la Garonne », Revue de Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest, Tome 60, Fasc. 4 : 603-616.
- BLANC X., PINTEUR F., SANCHIS T., 1989, « Conséquences de l'enfoncement du lit de l'Arve sur les berges et les ouvrages ». In : Bilan général des transports solides sur le cours d'eau, la Houille Blanche, 3-4 : 226-230.
- BRAVARD J.-P., 1986, « Le Rhône, du Léman à Lyon », éd. La Manufacture, Lyon, 451 p.
- BRAVARD J.-P., PEIRY J.-L., LANDON N., FRANC O., LARGE J.-L., 1990, « La basse vallée de l'Ain : étude géomorphologique », Rapport, Laboratoire de Géographie de l'Université Jean Moulin Lyon 3, PIREN-CNRS - Agence de l'Eau R.M.C., 113 p.
- BRAVARD J.-P., 1991, « La dynamique fluviale à l'épreuve des changements environnementaux : quels enseignements applicables à l'aménagement des rivières ? », La Houille Blanche, 7-8 : 515-521.
- BRAVARD J.-P., 1994, « L'incision des lits fluviaux : du phénomène morphodynamique naturel et réversible aux impacts irréversibles », Revue de Géographie de Lyon, vol. 69(1) : 5-10.
- BRAVARD J.-P., Landon N., Peiry J.L., Piégay H., 1997, « Principles of engineering geomorphology for managing channel erosion and bedload transport, examples from French rivers », Geomorphology, 18 p.
- CASTROVIEJO M., INBAR M., GOMEZ-VILLAR A., GARCIA-RUIZ J.M., 1990, « Cambios en el cauce aguas abajo de una presa de retention de sedimentos », I Reunion Nacional de Geomorfologia, Teruel : 457-468.
- CASTROVIEJO M., GOMEZ-VILLAR A., GARCIA-RUIZ J.M., 1991, « Ajustes fluviales derivados de cambios de usos del suelo en el pirineo aragones », Cuaternario y Geomorfologia, 5 : 91-105.
- CFPF, 1998, « Topoguide Berges et Rivières », collection Entretien et Restaurer les Rivières en Rhône-Alpes, 27 p. + 9 fiches techniques.
- FOECKLER F., KRETSCHMER W., DEICHNER O., SCHMIDT H., 1994, « Les communautés de macroinvertébrés dans les chenaux abandonnés par une rivière en cours d'incision, la basse Salzach (Bavière, Allemagne) », Revue de Géographie de Lyon, 1994/1 : 31-40.
- GABERT P., 1991, « La Basse Durance : les mutations récentes des ses écoulements, des aspects de son lit et de sa place dans l'aménagement régional », Actes du colloque : « Rivières en crise, Saône, Ain, Durance » du 17 mars 1989, 109 p.
- GALAY V.-J., 1983, « Causes of river bed degradation », Water Resources Research, 19, 5 : 1057-1090.
- GAUTIER E. , 1994, « Interférences des facteurs anthropiques et naturels dans le processus d'incision sur une rivière alpine - l'exemple du Buëch (Alpes du Sud) », Revue de Géographie de Lyon, vol 69(1) : 57 - 62.
- GILVEAR D.-J. ET BRAVARD J.-P., 1993, - « Dynamique fluviale », in : C. Amoros et G.E. Petts : chap. 4 - Hydrosystèmes fluviaux, éd. Masson, coll. D'écologie : 61-82.

- GOMEZ-VILAR A., MARTINEZ-CASTROVIEJO R., 1991, « Channel degradation as a response to erosion control works : a case study ». In : Soil Erosion Studies in Spain (M. Sala, J.L. Rubo & J.M. Garcia Ruiz, éd.), Géofoma Ediciones, Logrono, p 102-122.
- KNIGHTON D., 1984, « Fluvial forms and processes », Edward Arnold, 218 p.
- LANDON N., BRAVARD J-P, LEMEHAUTE N., 2000, Étude des processus de recharge sédimentaire du bassin versant de la Bienne (Jura), du transit de la charge de fond et de l'impact des aménagements sur celui-ci. Rapport pour le compte du Parc Naturel Régional du Haut Jura, 157 p. + atlas.
- LANDON N., 1999, « L'évolution contemporaine du profil en long des affluents du Rhône moyen - Constat régional et analyse d'un hydrosystème complexe, la Drôme. », Thèse de Doctorat, Université Paris 4 – Sorbonne, vol 1, 560 p, vol 2 : 174 p.
- LANDON N., E. ZAHN, J.-P. BRAVARD, P. CLEMENT, F. LIEBAULT, H. PIEGAY, 1999b, « Bilan sédimentaire et gestion de la recharge. De l'évaluation des enjeux à la détermination de nouvelles orientations de gestion par les forestiers dans les périmètres RTM drômois : le cas du bassin de la Drôme et ses possibilités de transposabilité », Colloque Foresterrainée 99, Arles, du 25 au 29 mai 1999, 7 p.
- LANDON N., PIÉGAY H., BRAVARD J.-P., 1997, « The Drôme river incision (France) : from assessment to management », Landscape and Urban Planning, 16 p.
- LANDON N., 1996, « L'incision des cours d'eau de la moyenne vallée du Rhône : principes de gestion », Revue de Géographie de Lyon, Vol 80(4) : 363-376.
- LANDON N., PIEGAY H., BRAVARD J.-P., 1995, « Compte rendu de la mission d'expertise réalisée sur la Drôme pour le compte du SMRD et de la CLE : propositions pour une gestion physique équilibrée du lit de la Drôme », rapport, Laboratoire de Géographie Rhodanienne, U.R.A. 260 du CNRS, 3 vol, 105 p. + annexes.
- LIEBAULT F., CLÉMENT P., PIÉGAY H., LANDON N., 1999, Assessment of bedload delivery from tributaries : the Drôme River case, Arctic, Antarctic and Alpine Research, vol. 31, n°1 : 108-117.
- LIEBAULT F., LANDON N., PIEGAY H. E. ZAHND, 2002, Plan de gestion des atterrissements alluvionnaires de la Haute-Drôme. Étude réalisée par l'ONF, Service Départemental de la Drôme, en collaboration avec l'Université Lumière Lyon 2 et l'UMR 5600 du CNRS, sous la maîtrise d'ouvrage de la Communauté des Communes du Diois.
- MARGAT J., ROUX J.C., 1986, « Interaction des impacts des aménagements et des exploitations sur les eaux de surfaces et les nappes souterraines », Société Hydrotechnique de France, XIX^e Journées de l'Hydraulique, Paris, 9-11 septembre 1986, question 3, rapport n°14, 10 p.
- MUSSOT R., BENECH C., 1995, « L'influence des intervention humaines sur l'écoulement et sur le transport solide. L'exemple des Pyrénées-Orientales (France) », Annales de Géographie, n°581-582 : 105-118.
- PEIRY J.-L., 1987, « Channel degradation in the middle Arve river, France. », Regulated Rivers : Research & Management , 1 : 183-188.
- PEIRY J.-L., 1989, « Les sédiments dans les torrents de l'Arve : discontinuité fonctionnelle et impacts de l'aménagement des bassins versants », la Houille Blanche, 3-4 : 205-211.

PEIRY J.-L., SALVADOR P.-G., NOUGUIER F., 1994, « L'incision des rivières dans les Alpes françaises du nord : état de la question », *Revue de Géographie de Lyon*, 1994/1 : 47-56.

PELLEGRINI M., PEREGO S., TAGLIAVINI S., TONI G., 1979, « La situazione morfologica degli alvei dei corsi d'acqua emiliano-romagnoli : stato di fatto, cause ed effetti », in : *La programmazione per la difesa attiva del suolo e la tutela delle sue risorse*, Modena 28-29 giugno.

PRUDHOMME P., 1975, « Aménagement du Var inférieur et protection des nappes souterraines : un exemple d'extraction contrôlée de graviers », *La Houille Blanche*, n° 2/3 : 145-153.

REICH M., 1994, « Les impacts de l'incision des rivières bavaroises sur les communautés terrestres de leur lit majeur », *Revue de Géographie de Lyon*, 1994/1 : 25-30.

SCHUMM S.-A., 1977, « The fluvial system », J. Wiley & Sons edit., New-York, 338 p.

STARKEL L., 1983, « The reflection of hydrologic changes in the fluvial environment of the temperate zone during the last 15 000 years », in : *Background to paleohydrology, a perspective*, GREGORY K.J. ed., John Wiley and Sons, Chichester, 213-235.