

Utilisation de la végétation riparienne pour filtrer les polluants de l'eau: efficacité comparée du bambou, des herbes indigènes et du riz dans un bassin versant de la République lao

O. Vigiak, O. Ribolzi, A. Pierret, C. Valentin, O. Sengtaheuanghoun et A. Noble

On plante parfois du bambou dans les zones ripariennes pour conserver les ressources en sols et en eau mais une étude réalisée en Asie du Sud-Est indique que ce couvert végétal n'est pas le plus adapté pour remplir cette fonction.

Situées à l'interface entre les habitats terrestres et aquatiques, les zones ripariennes remplissent une fonction importante en filtrant et en piégeant les sédiments et les polluants dissous et transportés par les sédiments. L'efficacité avec laquelle la végétation riparienne filtre les polluants dépend de plusieurs facteurs, notamment de la structure, de la composition et de la densité du couvert végétal et forestier. Dans les zones tropicales humides de l'Asie du Sud-Est, l'utilisation d'espèces de bambous – qui fournissent d'importants produits forestiers non ligneux (PFNL) – a également été recommandée aux fins de la conservation des sols et des eaux. Toutefois, l'efficacité du bambou dans ce domaine n'est pas démontrée.

Le présent article passe en revue les connaissances actuelles sur l'incidence de la végétation des zones ripariennes sur l'eau. Il examine ensuite les résultats et les principales conclusions des recherches effectuées dans une tête de bassin versant du nord de la République démocratique populaire lao, pour comparer les flux d'eau

et de sédiments dans des sites ripariens ayant un couvert végétal de bambous et d'herbes indigènes (Vigiak *et al.*, 2008). L'étude comparait aussi les propriétés filtrantes de la végétation riparienne naturelle et du riz de plateau cultivé.

SÉDIMENTS ET POLLUANTS

En Asie du Sud-Est, où la pression de la population sur la terre s'accroît, les modes d'utilisation des terres changent très rapidement: les cultures s'intensifient sur les terrains en pente alors que, dans la plupart des pays, le couvert forestier recule. Les cultivateurs itinérants doivent remettre en culture les mêmes terres plus fréquemment, ce qui perturbe le cycle culture-jachère de leur système agricole traditionnel et a pour conséquences de réduire la fertilité des sols et le rendement des cultures, d'accélérer l'érosion sur les versants des collines et d'accroître la sédimentation des

Les bambous sont des produits forestiers non ligneux importants en Asie du Sud-Est, à la fois pour l'alimentation (pousses), la construction et l'artisanat (tiges)

Olga Vigiak était à l'Institut international de gestion des ressources en eau (IWMI), Vientiane, République démocratique populaire lao, lorsque la présente recherche a été conduite. Elle est maintenant au Département des industries primaires de Victoria, Rutherglen, Victoria, Australie.

Olivier Ribolzi et **Alain Pierret** travaillent pour l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à Vientiane et sont actuellement détachés auprès de l'IWMI.

Christian Valentin travaille pour l'IRD à Bondy, France, et il est également détaché auprès de l'IWMI.

O. Sengtaheuanghoun est à l'Institut national de recherche agricole et forestière, Vientiane.

Andrew Noble est au Bureau régional de l'IWMI pour l'Asie du Sud-Est, Bayan Lepas, Penang, Malaisie.





Dans le système d'agriculture itinérante traditionnel de la montagneuse République démocratique populaire lao, le paysage est une mosaïque de champs cultivés, de végétation secondaire et de reliquats de forêts; les cultures annuelles plantées sur les pentes abruptes sont associées à une production de sédiments élevée

cours d'eau (Roder, Phengchanh et Maniphone, 1997; Chaplot *et al.*, 2005). Dans les bassins versants boisés, le tassement des sols dans les chemins forestiers et les pistes de débardage peut empêcher l'infiltration de l'eau et accroître l'érosion de la surface (Sidle, Tani et Ziegler, 2006). Comme les sédiments transportent des nutriments et des polluants, l'augmentation de la sédimentation des cours d'eau a un impact négatif sur les moyens d'existence et la santé des populations vivant en aval.

L'approvisionnement en eau salubre est ordinairement un objectif majeur des politiques de gestion des ressources naturelles. On peut obtenir une eau de bonne qualité en réduisant les émissions de polluants à la source, par exemple en gérant de manière rationnelle les activités agricoles ou forestières, et/ou en plaçant des filtres naturels dans le paysage pour éviter que les polluants atteignent les cours d'eau. L'élimination des polluants de l'eau est plus efficace si l'on agit près des sources de pollution, c'est-à-dire au niveau des têtes de bassins versants, où les terres humides et les zones ripariennes peuvent être d'excellents filtres de polluants.

FONCTIONS DES ZONES

RIPARIENNES

Une zone riparienne au sens strict, comprend uniquement la végétation qui tapisse les chenaux des cours d'eau et les rives des fleuves; toutefois, le terme a récemment pris un sens plus large incluant la partie du paysage adjacente à un cours d'eau qui a un impact direct sur les marges des fleuves et des lacs et sur l'eau et les écosystèmes aquatiques associés (Karssies et Prosser, 1999). Dans le paysage, les habitats ripariens sont des couloirs situés à l'interface des écosystèmes terrestres et aquatiques.

Ils font office de conduites, de filtres ou de barrières pour les écoulements d'eau, de sédiments et de nutriments. Une gestion rationnelle des ressources naturelles suppose de garantir les fonctions écologiques des zones ripariennes, notamment le filtrage des écoulements superficiels et souterrains, la stabilisation des rives des fleuves et la conservation des habitats situés dans les cours d'eau (Mander et Hayakawa, 2005).

De nombreuses activités pratiquées par les ménages ruraux pour assurer leur subsistance ou se procurer un revenu se font dans des zones ripariennes. Dans la République démocratique populaire lao, les bambous naturels et cultivés que l'on trouve dans les zones ripariennes sont d'importantes sources de nourriture (pousses) et de matières premières pour la construction de logements et l'artisanat (de Beer et McDermott, 1996). Les reliquats de forêts bordant le fleuve servent d'habitat pour la faune sauvage et sont des sites appréciés pour la chasse et la pêche. Avec leur relief relativement plat et leurs ressources en eau disponibles pour l'irrigation, les terres ripariennes attirent les agriculteurs. Des

bananiers sont souvent cultivés en amont des cours d'eau. Récemment la demande croissante de produits pour le marché urbain en expansion, a incité les agriculteurs à convertir les terres ripariennes en vergers. L'horticulture est principalement une activité de la saison sèche, mais on cultive aussi le cours supérieur des têtes de fleuves pendant la saison des pluies, soit en légumes, soit en riz de plateau. Les effets de ces changements d'affectation des terres sur la qualité de l'eau des fleuves sont très mal connus.

LA VÉGÉTATION RIPARIENNE, COMME FILTRE DES SÉDIMENTS

L'efficacité avec laquelle la végétation riparienne filtre les polluants dépend de la nature des polluants. Elle retient généralement mieux les sédiments que les polluants qu'ils transportent, car ils sont habituellement attachés à des particules plus fines plus difficiles à retenir; quant aux contaminants dissous, ce sont les plus difficiles à réduire (Karssies et Prosser, 1999). La végétation riparienne filtre principalement les sédiments par les procédés suivants (Karssies et Prosser, 1999; Mander et Hayakawa, 2005):

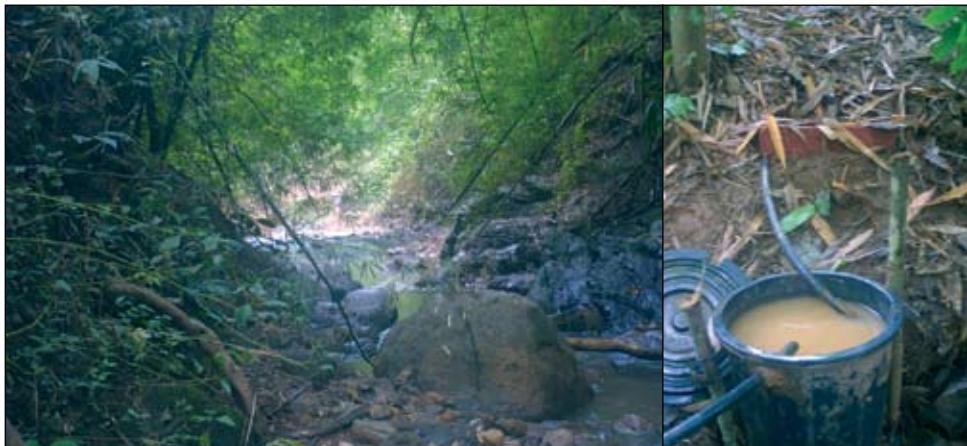
- en renforçant l'infiltration (c'est-à-dire en réduisant le volume des eaux de ruissellement) et en augmentant la rugosité de la surface (c'est-à-dire en réduisant la vitesse des ruissellements), ce qui favorise le dépôt des sédiments – mécanisme dont l'efficacité varie en fonction de nombreux facteurs, tels que les caractéristiques des précipitations et la topographie riparienne;
- en protégeant les rives des fleuves et les sols ripariens de l'érosion directe;
- en filtrant les particules solides;
- en absorbant les polluants;

La demande croissante des marchés urbains incite les agriculteurs à établir des jardins potagers sur les terres ripariennes bordant le fleuve Mekong (Luang Prabang, République démocratique populaire lao)



O. VIGIAK

Les bambous ont d'importantes fonctions écologiques ripariennes, telles que l'ombrage, la régulation de la température de l'eau et des habitats situés dans les cours d'eau (à gauche); toutefois, comme ils couvrent mal le sol, ils semblent peu efficaces pour piéger les eaux de ruissellement et les sédiments (à droite)



O. VILLE

- en capturant les nutriments avant qu'ils atteignent les cours d'eau.

Les sols des zones ripariennes absorbent aussi les polluants, et les microbes présents dans le sol absorbent les nutriments.

L'infiltration est de loin le principal mécanisme de filtrage des ruissellements de surface. Toutefois, lorsque les écoulements souterrains sont importants, la percolation et la saturation peuvent entraver l'infiltration (McKergow *et al.*, 2004).

L'efficacité avec laquelle la végétation riparienne piège les sédiments dépend de nombreux facteurs, tels que la vitesse des flux d'eau entrants, la taille des particules sédimentaires, la configuration hydrologique et topographique de la zone riparienne, et le couvert et le type de végétation (Karssies et Prosser, 1999).

EFFICACITÉ DES DIFFÉRENTS TYPES DE VÉGÉTATION

La densité, la hauteur et le type de végétation sont les principaux paramètres qui ont une incidence sur la capacité de la végétation à retenir les sédiments dans les sols ripariens (Karssies et Prosser, 1999).

La densité de la végétation est importante, en particulier à la surface du sol, car les tiges offrent une résistance aux eaux de ruissellement, ce qui réduit la vitesse à laquelle elles s'écoulent et favorise le dépôt des particules. La densité de la végétation devrait être uniforme; les herbes stolonifères (qui s'étendent par les tiges latérales, appelées stolons, rampent sur le sol et engendrent de nouvelles pousses sur toute leur longueur) et les herbes rampantes sont les plus efficaces, alors que les touffes peuvent concentrer les écoulements (Karssies et Prosser, 1999). Un couvert végétal de 45 pour cent au minimum est recommandé pour un bon effet tampon. La

hauteur devrait être d'au moins 10 à 15 cm pour que la végétation ne soit pas submergée par l'eau qui s'écoule à la surface.

L'effet du type de végétation est plus controversé. L'herbe peut être plus efficace que la végétation ligneuse pour réduire l'érosion des rives et piéger les sédiments, mais des interventions sont nécessaires car les processus de succession tendent à favoriser la végétation ligneuse (Lyons, Trimble et Paine, 2000). Les herbes filtrantes colonisent rapidement de nouveaux sédiments qui ne sont donc pas éliminés par les ruissellements successifs; elles devraient être pérennes, résistantes aux inondations et à la sécheresse, capables de pousser après une inondation partielle et elles ne doivent pas envahir d'autres écosystèmes) (Karssies et Prosser, 1999).

À moins d'avoir un sous-bois dense, la forêt est considérée comme le tampon le moins efficace car les troncs sont dispersés et les écoulements se concentrent souvent en rigoles, ce qui les rend plus érosifs. La litière n'est qu'un réceptacle temporaire: elle piège les sédiments, mais ils sont chassés par les ruissellements successifs (Karssies et Prosser, 1999; McKergow *et al.*, 2004). Cependant, les arbres et les arbustes peuvent être bénéfiques à d'autres égards pour les cours d'eau, notamment en les ombrageant et en régularisant la température de l'eau, ce qui favorisera la production primaire et les habitats situés dans les rivières (Lyons, Trimble et Paine, 2000). La forêt devrait donc être bordée par une bande d'herbe pour piéger les sédiments provenant des terrains adjacents. Pour le sud-est des États-Unis, Sheridan, Lowrance et Bosch (1999) ont recommandé l'établissement de forêts ripariennes-tampons constituées de trois zones: une bande d'herbes filtrantes adjacente aux champs, ayant pour principale fonction de

diffuser les ruissellements de surface, sous forme d'écoulement en nappe; une première zone boisée, où se produisent l'infiltration et la sédimentation, et une deuxième zone boisée pour protéger et stabiliser les rives du fleuve.

Les peuplements de bambous sont communs près des cours d'eau. Grâce à leur structure touffue et à leur canopée fermée, la rivière est bien ombragée, mais la végétation de sous-étage peut être clairsemée. Dans le sud-ouest et le centre-ouest des États-Unis, l'espèce indigène de bambou *Arundinaria gigantea* s'est avérée efficace pour filtrer les sédiments, l'azote et le phosphore (Blattel *et al.*, 2005; Schoonover *et al.*, 2006). Pourtant l'efficacité avec laquelle le bambou filtre les sédiments n'a pratiquement fait l'objet d'aucune autre étude de terrain.

EFFICACITÉ COMPARÉE DU BAMBOU, DE L'HERBE ET DU RIZ

Pour évaluer l'efficacité avec laquelle la végétation riparienne naturelle ou cultivée piège les sédiments, une expérience pratique a été conduite dans la tête d'un petit bassin versant dans le nord de la République populaire démocratique lao (bassin versant de Houay Pano, Province de Luang Prabang). Une forte production de sédiments (plus de 10 tonnes par hectare et par an) a été associée aux cultures annuelles pratiquées dans ce bassin versant (Chaplot *et al.*, 2005).

La tête du bassin versant reçoit en moyenne 1 300 mm de pluie par an, essentiellement durant la mousson, qui dure de la mi-mai à la mi-octobre. Le bassin versant est représentatif du système d'agriculture sur brûlis sans apport d'intrants pratiqué en Asie du Sud-Est. En 30 ans, la durée de la jachère a été raccourcie de 10-15 ans à

2-5 ans (Lestrelin et Giordano, 2006). L'altitude s'échelonne entre 400 m et plus de 800 m. Le tronçon principal du cours d'eau est un fleuve pérenne de second ordre à la topographie irrégulière mais en pente forte. Les zones ripariennes sont principalement de forme convexe ou convexe-concave, abruptes et étroites. Les rives du cours d'eau sont hautes et abruptes.

Les zones ripariennes situées le long du cours d'eau de Houay Pano sont recouvertes à plus de 43 pour cent d'une végétation herbacée et broussailleuse dominée par *Microstegium ciliatum* (appelée ici «herbe indigène»), alors que les bambous, en particulier *Dendrocalamus* sp. et *Cephalostachium virgatum*, n'occupent que 19 pour cent de ces zones. Les sites d'herbes indigènes et de bambous diffèrent par le couvert du sol et la canopée (tableau 1); leur efficacité en matière de filtrage des sédiments devait donc aussi logiquement différer. Le reste de ces zones ripariennes du bassin versant est recouvert de bananiers (15 pour cent), de forêts (15 pour cent), de manioc (6 pour cent) et d'herbe à éléphant (une espèce fourragère cultivée, *Pennisetum purpureum*) (3 pour cent).

Pendant deux saisons des pluies, les volumes des eaux de ruissellement et la concentration de sédiments dans les écoulements entrant et sortant des sites ripariens de bambous et d'herbes indigènes ont été mesurés dans des fossés à ciel ouvert (Vigiak *et al.*, 2008). Deux sites de bambous et deux sites d'herbes indigènes ont fait l'objet d'une surveillance en 2005 et, en 2006, un site de chaque type a été contrôlé. Les sites différaient par leur topographie, leurs conditions en amont et la largeur de la zone tampon. En 2006, la végétation adjacente aux sites ripariens a été défrichée et du riz de plateau a été

TABLEAU 1. Caractéristiques moyennes des types de végétation riparienne naturelle, estimées sur des parcelles de 3 m x 3 m durant la saison des pluies de 2005 (juillet–octobre 2005), Houay Pano (n = 12)

Type de végétation	Canopée (%)	Couvert du sol (%)	Densité des tiges herbacées (n/m ²)	Biomasse herbacée (g/m ²)	Hauteur du sous-étage (m)
Pastura nativa	85	88	355	435	0.75
Bambú	70	39	64	45	0.27

TABLEAU 2. Caractéristiques des sites ripariens pour la surveillance des flux d'eau et de sédiments, bassin versant de Houay Pano, République démocratique populaire lao

Année/site	Type de végétation	Pente (%)	Largeur ^a (m)	Utilisation des terres d'amont
2005				
NG1	Herbes indigènes	16	11,6	Jachère de 3 ans
NG2	Herbes indigènes	58	10,4	Teck
BB1	Bambou	20	8,8	Jachère de 2 ans
BB2	Bambou	70	7,9	Banane
2006				
NG3	Herbes indigènes	75	5,1	Jachère de 2 ans
R_NG	Riz de plateau	65	7,0	Jachère de 2 ans
BB3	Bambou	49	3,9	Banane
R_BB	Riz de plateau	48	5,2	Banane

^a La largeur est la distance horizontale de la zone tampon objet de la surveillance.

planté pour servir de témoin et évaluer l'impact du défrichage et de la culture sur sol riparien (tableau 2).

La figure 1 montre les volumes totaux des eaux de ruissellement et la charge solide (en sédiments) entrant et sortant des sites ripariens d'herbes indigènes et de bambous durant les périodes de surveillance. Deux sites d'herbes indigènes ont réduit le volume d'eau, puisque le volume sortant était inférieur au volume entrant. Dans le troisième, les ruissellements sortants n'étaient que légèrement supérieurs aux

ruissellements entrants. Dans les trois sites de bambous, le volume d'eau était plus élevé à la sortie qu'à l'entrée, ce qui indique que l'infiltration de l'eau de pluie et les ruissellements entrants étaient limités. Les sédiments étaient plus concentrés dans les ruissellements sortant des sites ripariens que dans les ruissellements entrants, en particulier dans les sites sous bambous. Les sites de bambous apportaient donc des sédiments dans le cours d'eau alors que l'herbe indigène était généralement un réservoir de sédiments.

Les deux types de végétation étaient cependant de bien meilleurs filtres que le riz de plateau. La figure 2 montre des «boîtes à moustaches» du ratio de la concentration de sédiments dans les écoulements sortants mesurée dans des parcelles adjacentes, entre le riz de plateau (sites R_BB et R_NG) et le bambou ou l'herbe indigène (BB3 et NG3, respectivement) lors de 17 événements durant la saison de la mousson 2006. Le graphique montre que les ruissellements sortant des parcelles sous riz de plateau avaient une concentration en sédiments plus forte que les parcelles adjacentes. De fait, la concentration de



Dans les têtes de bassins versants montagneux de la République démocratique populaire lao, les zones ripariennes sont abruptes et étroites; leur défrichage au profit du riz ou d'autres cultures annuelles peut avoir un impact négatif grave sur la qualité de l'eau

sédiments dans les eaux de ruissellement sortant des parcelles de riz de plateau était en moyenne trois fois plus élevée que dans les ruissellements sortant du site de bambous adjacent, et neuf fois plus élevée que dans les ruissellements sortant du site d'herbes indigènes.

CONSÉQUENCES POUR LA GESTION

La rétention de sédiments mesurée dans les sites ripariens du bassin versant de Houay Pano était faible. La configuration naturelle des terres ripariennes dans cette tête de bassin versant – abrupte, étroite et argileuse – limite considérablement les possibilités de piégeage des sédiments et des polluants *in situ*. Des suintements ont fréquemment été observés au cours de l'étude, un phénomène courant dans les terres ripariennes des zones tropicales humides (McKergow *et al.*, 2004; Sidle, Tani et Ziegler, 2006). Les suintements inhibent l'infiltration et la résistance du sol au détachement et au transport et pourraient provoquer des glissements de terrain et un effondrement des rives du cours d'eau.

La culture de plantes annuelles dans ce type d'environnement favorise une production élevée de sédiments (ex. Chaplot *et al.*, 2005). Étant donné les conclusions de cette étude, il ne faut pas compter uniquement sur la capacité de filtrage de la végétation riparienne pour améliorer la qualité de l'eau. Une bonne gestion des terres ripariennes ne saurait se substituer à une bonne gestion des terres en pentes, mais elle est essentielle dans les endroits où la culture des pentes se fait plus intensive.

Dans le nord de la République démocratique populaire lao, les terres ripariennes offrent d'importantes opportunités de revenu pour la population rurale. Grâce à leurs pentes relativement douces et à la présence d'eau pour l'irrigation, les terres ripariennes se prêtent particulièrement bien à la culture de légumes dont les prix montent sur le marché. Toutefois, comme les terres ripariennes sont proches des cours d'eau, leur exploitation a une incidence sur la qualité de l'eau. La présente étude a montré que la culture de riz de plateau sur les terres ripariennes a conduit à une augmentation de la concentration de sédiments dans l'eau qui ruisselle à la surface et se déverse dans le fleuve.

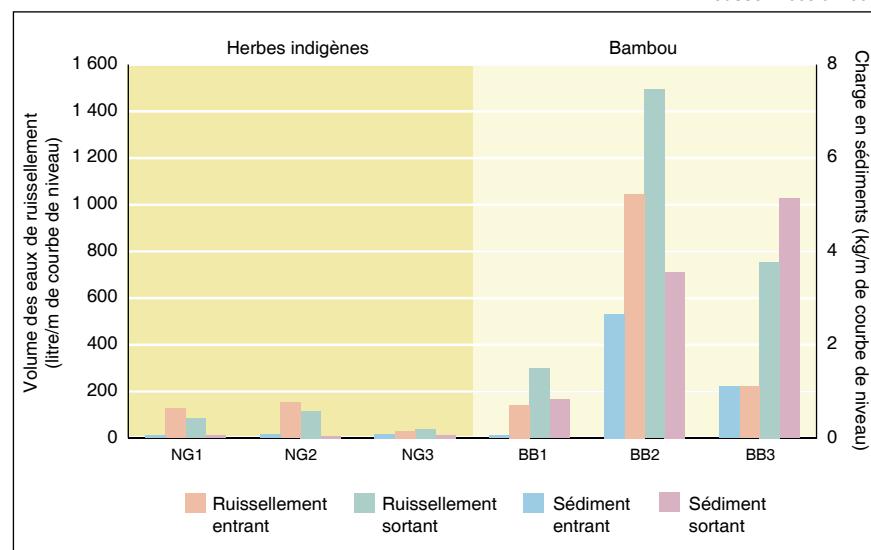
Les herbes indigènes se sont avérées le couvert végétal le plus efficace pour filtrer l'eau de surface entrante et, ce faisant,

réduire les sédiments qui se déversent dans les fleuves. Bien qu'il fournit des produits précieux aux communautés locales, le bambou, naturel ou planté, n'est pas efficace pour réduire la pollution des fleuves par les sédiments. Comme ces résultats sont en contraste avec ceux de Schoonover *et al.* (2006), des recherches plus poussées doivent être effectuées pour confirmer l'impact du bambou sur la conservation des sols et des eaux et sur la qualité de l'eau.

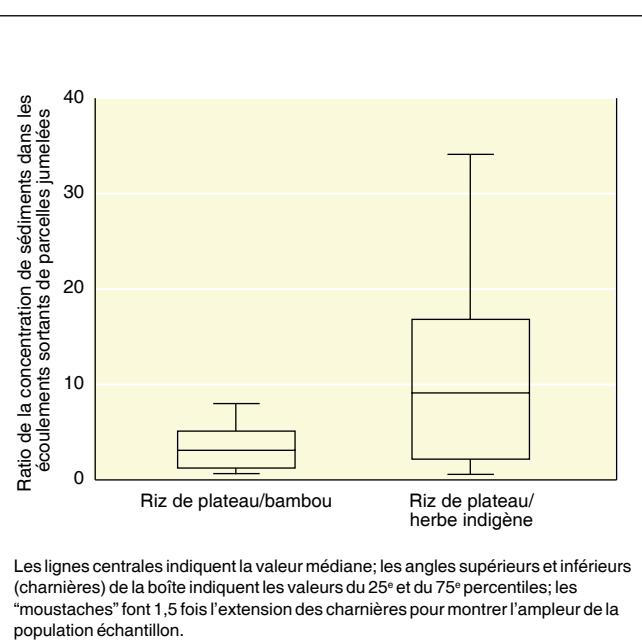
L'étude n'a traité qu'un seul aspect de la relation entre la végétation riparienne et la qualité de l'eau. Les effets du bambou, en termes de protection des rives contre l'érosion sont mal compris, de même que son impact sur les habitats situés dans les cours d'eau. Il est donc recommandé, ainsi qu'on le préconise aux États-Unis

(Sheridan, Lowrance et Bosch, 1999), de combiner l'établissement ou la gestion de peuplements de bambous dans les zones ripariennes, à l'établissement ou à l'entretien d'une bande d'herbe, en amont du cours d'eau, pour renforcer le piégeage des sédiments. ♦

1
Volume des eaux de ruissellement et charge en sédiments entrant et sortant des sites d'herbes indigènes et de bambous, bassin versant de Houay Pano, République démocratique populaire lao, saisons de la mousson 2005 et 2006



2
"Boîte à moustaches" des ratios de la concentration de sédiments dans les écoulements sortants, dans des parcelles du bassin versant de Houay Pano, 2006 (n = 17)





Bibliographie

- Blattel, C.R., Williard, K.J., Baer, S.G. et Zaczec, J.J.** 2005. Abatement of ground water phosphate in giant cane and forest riparian buffers. *Journal of the American Water Resources Association*, 41(2): 301-307.
- Chaplot, V., Coadou le Brozec, E., Silvera, N. et Valentin, C.** 2005. Spatial and temporal assessment of linear erosion in catchments under sloping lands of northern Laos. *Catena*, 63: 167-184.
- de Beer, J.H. et McDermott, M.J.** 1996. *The economic value of non-timber forest products in Southeast Asia*. Amsterdam, Pays-Bas, Netherlands Committee for the World Conservation Union (IUCN). 2^o éd.
- Karssies, L.E. et Prosser, I.P.** 1999. *Guidelines for riparian filter strips for Queensland irrigators*. CSIRO Land and Water Technical Report 32/99. Canberra, Australie, 1997. Dynamics of soil and vegetation during crop and fallow period in slash-and-burn fields on northern Laos. *Geoderma*, 76: 131-144.
- Lestrelin, G. et Giordano, M.** 2007. Upland development policy, livelihood change and land degradation: interactions from a Laotian village. *Land Degradation and Development*, 18: 55-76.
- Lyons, J., Trimble, S.W. et Paine, L.K.** 2000. Grass versus trees: managing riparian areas to benefit streams of central North America. *Journal of the American Water Resources Association*, 36: 919-930.
- Mander, U. et Hayakawa, Y.** 2005. Purification processes, ecological functions, planning and design of buffer zones in agricultural watersheds. *Ecological Engineering*, 24: 421-432.
- McKergow, L.A., Prosser, I.P., Grayson, R.B. et Heiner, D.** 2004. Performance of grass and rainforest riparian buffers in the wet tropics, Far North Queensland. 2. Water quality. *Australian Journal of Soil Research*, 42: 485-498.
- Roder, W., Phengchanh, S. et Maniphone, S.** 2008. Trapping efficiencies of cultivated and natural riparian vegetation of northern Laos. *Journal of Environmental Quality* (sous presse). ♦
- Schoonover, J.H., Williard, K.W.J., Zaczek, J.J., Mangun, J.C. et Carver, A.D.** 2006. Agricultural sediment reduction by giant cane and forest riparian buffers. *Water, Air and Soil Pollution*, 169: 303-315.
- Sheridan, J.M., Lowrance, R. et Bosch, D.D.** 1999. Management effects on runoff and sediment transport in riparian forest buffers. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE)*, 42: 55-64.
- Sidle, R.C., Tani, M. et Ziegler, A.D.** 2006. Catchment processes in Southeast Asia: atmospheric, hydrologic, erosion, nutrient cycling, and management effects. *Forest Ecology and Management*, 224: 1-4.