

Améliorer la gestion des bassins versants sur les terrains en pente de l'Asie du sud-est

Christian Valentin,¹ Deborah Bossio,² Arthorn Boonsaner,³ Maria Teresa L. de Guzman,⁴ Kongkeo Phachomphonh,⁵ Kasdi Subagyo,⁶ Tran Duc Toan,⁷ Jean-Louis Janeau,⁸ Didier Orange⁹ et Olivier Ribolzi¹⁰

Les travaux de recherche consacrés à l'érosion des sols se sont surtout traduits par une expérimentation sur des parcelles de petite taille qui nous renseignent mal sur les effets de ce phénomène à l'échelon du bassin hydrographique. Un nouveau paradigme de recherche développé sous l'égide du Consortium de gestion de l'érosion des sols (Management of Soil Erosion Consortium ou MSEC), l'un des quatre consortiums créés par le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR) dans le cadre de son initiative Gestion des sols, des eaux et des nutriments, porte sur des recherches menées dans des bassins versants dans leur totalité en associant toutes les parties concernées, de l'agriculteur au décideur politique, dans le but de créer et diffuser une amélioration des pratiques d'utilisation des sols.

Dans bien des pays d'Asie du sud-est, la dégradation du patrimoine de ressources naturelles est un sujet d'inquiétude grandissant. Sous l'effet d'une population en plein essor, la pression qui pousse à exploiter des ressources marginales s'intensifie, particulièrement les ressources en terre et en eau des bassins hydrographiques en altitude où bien des personnes les plus démunies de la région trouvent leurs moyens de subsistance.

Le Sud-est tropical asiatique souffre d'une érosion grave de ses sols que viennent lessiver d'intenses précipitations pendant la saison des pluies. Un phénomène qui est exacerbé par la culture sur terrain pentu dans les bassins versants en altitude. En plus de réduire directement la productivité de la terre, l'érosion provoque des dégâts par le dépôt de sédiments dans les rivières et les réservoirs, et d'autres effets délétères en aval.

Les recherches sur l'érosion des sols ont surtout été menées dans le cadre d'expériences sur de petites parcelles qui renseignent peu sur les effets du phénomène à l'échelle du bassin versant. Il faut donc un nouveau paradigme de recherche qui s'intéresse à la zone hydrographique dans son ensemble et associe toute la gamme de parties prenantes, de l'exploitant des terres aux décideurs, afin d'élaborer et de promouvoir de meilleures pratiques d'aménagement du territoire.

Le présent article présente quelques-unes des grandes conclusions de recherche réunies par le Consortium de gestion de l'érosion des sols (Management of Soil Erosion Consortium ou MSEC). Ce consortium offre un exemple exceptionnel de coopération entre l'Institut international de gestion des ressources en eau (International Water Management Institute ou IWMI), l'un des 15 Centres de recherches du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR) et une unité de recherche de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), un institut de recherche français qui axe son travail sur les pays en développement.

Un consortium de recherche pour un projet d'investigation à long terme

La création du MSEC remonte à 1997. C'est l'un des quatre consortiums que crée le CGIAR au titre de l'initiative appelée Gestion des sols, des eaux et des nutriments qui rassemble des chercheurs et des praticiens de premier plan en Asie pour trouver des solutions permettant de répondre à la nécessité pressante de gérer avec plus d'efficacité les bassins hydrographiques en altitude. L'objectif global du projet est de fournir une base scientifique solide pour une gestion des ressources foncières et hydriques dans le souci d'améliorer les moyens de subsistance des populations vivant dans les bassins versants en altitude, dans les pays d'Asie du sud-est.

La phase 1 du MSEC, que finance la Banque asiatique de développement, est axée sur l'établissement d'un réseau de partenaires de recherche provenant de Services nationaux de recherche et de vulgarisation agricole (SNRVA) installés en Indonésie, en République démocratique populaire Lao (RDP Lao), au Népal, aux Philippines, en Thaïlande et au Viet-Nam et de l'IRD. Le projet crée l'infrastructure requise pour conduire des recherches sur l'érosion des sols et le ruissellement dans six bassins hydrographiques choisis des pays partenaires. Des scientifiques travaillant pour les programmes nationaux sont formés aux techniques de recherche concernant la gestion foncière et hydrique. Le projet

permet de fabriquer et d'installer un matériel de terrain plus perfectionné, ce qui ouvre la possibilité aux partenaires de mener des études concrètes avec des techniques d'avant-garde et de capitaliser les connaissances sur les processus d'érosion et de ruissellement.

La phase 2 du MSEC, qui a débuté en janvier 2003, s'appuie sur les résultats de la phase 1. L'objectif est, d'une part, d'évaluer l'impact des facteurs environnementaux sur les comportements de captage, et d'autre part, d'étudier les modifications apportées à l'usage des terres et les choix de systèmes agricoles permettant de réduire l'érosion des sols et d'améliorer le revenu des agriculteurs. Le financement provient de l'IWMI, de l'IRD et des pays participants. L'Indonésie et les Philippines ont continué le programme en 2003 et 2004 à l'aide de financements alloués par l'État à la réalisation du projet dans leurs sites.

Entre 1998 et mai 2006, 18 scientifiques de l'IRD ont été détachés dans trois des pays du MSEC – la RDP Lao, la Thaïlande et le Viet-Nam – pour des durées comprises entre un et sept ans. Le Consortium a également bénéficié du travail de six scientifiques de l'IWMI et d'une vingtaine d'autres provenant d'instituts de recherche nationaux. Au cours de la même période, de nombreux étudiants ont participé aux tâches du MSEC, notamment dix doctorants, 22 étudiants en master et 39 étudiants en licence, principalement originaires du Laos, du Viet-Nam, de Thaïlande, de France, de Suisse, de Belgique et des Pays-Bas.

Principaux résultats de recherche

Impacts inattendus des politiques de conservation des sols

Il ressort d'études menées en région nord du Laos que les politiques de réinstallation et de préservation des sols peuvent aboutir à une hausse de la densité démographique. Alors que, à l'échelon national, la densité de population est inférieure à 15 personnes par km², dans le village représentatif de Bank Lak Sip, elle a bondi jusqu'à 350 personnes au km² de terres arables en raison de la croissance naturelle qui a accompagné les politiques de réinstallation et de conservation des sols. Étant donné la très forte pression sur les terres cultivables, les récoltes de riz de plateau ne permettront plus, sous peu, de nourrir la population, à moins d'y apporter des intrants extérieurs. Les périodes de jachère se raccourcissent, d'où la prolifération des plantes adventices et de faibles rendements. La charge de travail (228 jours ha⁻¹) dans ce système de culture itinérante sur brûlis n'est plus de caractère durable.

Impacts d'un changement soudain de culture sur l'érosion des sols

Les politiques de préservation des sols ont aussi, paradoxalement, provoqué des pertes de sol accrues à Ban Lak Sip, qui sont passées de 4,7 t ha⁻¹ en 2002 à 11,3 t ha⁻¹ en 2005. La majeure partie des pertes se compose de matières organiques, d'où le déclin rapide de la fertilité des sols. Le coût des pertes en nutriments a été estimé à 68 dollars (ha⁻¹ an⁻¹) sur un site du MSEC aux Philippines de 0,9 ha cultivé, en sous-bassin hydrographique.

Dans le site MSEC du bassin versant au Viet-Nam, la principale culture, depuis 2000, n'est plus le manioc mais les plantations forestières. Le pourcentage de terres semées en manioc dans le bassin versant, qui couvraient 40 % de la zone en 2001, occupait à peine 0,5 % de la superficie en 2004. La réduction des surfaces consacrées au manioc a permis d'introduire du bétail dans la zone. L'impact de l'herbe à fourrage *Brachiaria ruziziensis*, semée sans avoir été enfouie, a été évalué sous l'angle de sa capacité à endiguer l'érosion sur ces pentes. Un an plus tard, la forêt et la couverture herbeuse ont effectivement supprimé l'érosion. La perte annuelle de sol calculée en mesurant la charge en fond de rivière – soit le sédiment à proximité du fond d'un cours d'eau qui est poussé ou entraîné par le flux de l'eau – a reculé de 3,6 t ha⁻¹ yr⁻¹ avant l'établissement de l'herbe à fourrage et, ou de la plantation sylvicole à 0,1-0,3 t ha⁻¹ yr⁻¹ en 2004. On a obtenu des résultats similaires pour *Brachiaria ruziziensis* dans le site MSEC du bassin versant au Laos, où la charge de fond a diminué de 2,9 t ha⁻¹ an⁻¹ à presque zéro en un an et, au site MSEC du bassin versant indonésien avec *Panicum maximum*, où la charge de fond de la rivière a diminué de 4,4 t ha⁻¹ an⁻¹ à 0,5 t ha⁻¹ an⁻¹ également en un an. Dans ces trois cas, l'herbe de fourrage a été plus efficace pour réduire la charge de fond que la charge de particules en suspension.

Les résultats de tests effectués dans 27 bassins et sous-bassins hydrographiques inclus dans le MSEC montrent clairement que le mode d'utilisation des sols, et, en particulier, le pourcentage de la superficie plantée en récoltes annuelles était le facteur principal qui permet de prédire le volume d'eau de ruissellement et de sédiments. Lorsque le maïs a remplacé, en partie, le riz de plateau au Laos ou, plus complètement le soja en Thaïlande, le volume de sédiments a grimpé

en flèche (de 5,7 à 11,3 t.ha⁻¹.an⁻¹ e et de 2,9 à 21,2 t.ha⁻¹.an⁻¹, respectivement). Comme avec le maïs, la couverture végétale est clairsemée, le dessus du sol reste largement exposé, des croûtes se forment à la surface, les eaux de ruissellement augmentent et ont tendance à se concentrer dans des ruisselets et rigoles, ce qui entraîne de l'érosion. Il a été montré, par modélisation, qu'une modification dans l'usage des terres peut avoir plus d'impact sur l'érosion des sols que le changement climatique.

Les phénomènes liés à une forte déclivité des pentes

La culture sur pente très abrupte dont le taux de déclivité est de 30-110 % (100% = 45°) entraîne un type particulier d'érosion du sol. Au contact d'une pente raide, la pluie transfère moins d'énergie cinétique par mètre carré que si elle tombait sur terrain plat. Par conséquent, la formation de croûte est moindre sur pente raide qu'en surface plane. Le taux d'infiltration est plus élevé et le décollement de sédiments plus limité. Inversement, le ravinement – soit l'entraînement de sol vers le bas, sous l'effet de la force appliquée par l'outil agricole et la gravitation – augmente avec la déclivité, voire peut dépasser l'érosion en surface sur les pentes qui ont un taux de déclivité supérieur à 60 %.

Impacts hors site

Sur le site d'expérimentation des Philippines, les chercheurs ont simplement évalué l'effet hors site de l'érosion, en estimant le coût qui serait encouru, si l'on décidait de draguer les sédiments des canaux d'irrigation. Après avoir mesuré la perte de sol dans le bassin hydrographique, il est établi que 84 685 m³ de sédiments, au total, ont été lessivés et ont abouti dans les canaux d'irrigation depuis 1995; draguer un tel volume de sédiments coûterait plus de 50 000 dollars.

En Thaïlande, on a évalué le degré de sédimentation d'un réservoir situé en aval du bassin hydrographique. La masse de sédiments accumulée depuis la construction du barrage a été déterminée en comparant la carte topographique du site avant la mise en service du réservoir à la profondeur effective du plan d'eau. En raison du caractère très intensif des cultures, les sols ont subi un degré d'érosion très élevé (jusqu'à 20 t ha⁻¹ in 2004), d'où sédimentation rapide du plan d'eau. L'étude a montré que, en sept ans, le réservoir a perdu 10 % de son volume.

Impacts de recherche et évaluation

Grâce à l'esprit de partenariat solide et continu qui anime les parties concernées, notamment les agriculteurs, le consortium a déjà porté des fruits dans la plupart des pays. Au Viet-Nam, l'évaluation des cultures fourragères, en tant qu'alternative aux cultures annuelles comme le manioc, a incité les agriculteurs des villages avoisinants à améliorer les conditions d'élevage de leur bétail qui leur a semblé rapporter plus rapidement et largement que les plantations forestières. En Indonésie, la conversion de terres arables en banques de fourrage alliée à l'élevage du bétail s'est fondée sur l'enseignement tiré selon lequel l'agriculteur adopte et améliore les mesures de préservation en fonction de ce que cette mesure apporte à l'économie de son foyer. Une pratique n'a d'attrait pour l'exploitant que si elle renferme un avantage économique, de sorte que cette considération a systématiquement été intégrée dans le processus de sélection des technologies. Aux Philippines et à la suggestion des agriculteurs, on a introduit la pratique de laisser des pans de végétation naturelle en se servant d'herbes natives et de quelques espèces agroforestières, comme les haies. L'adoption semble dépendre du régime foncier. Près de la moitié des propriétaires ont adopté quelques mesures de préservation à ce stade alors qu'aucun métayer n'en a fait de même. Le coût d'exploitation explique largement le faible taux d'adoption chez les exploitants qui, néanmoins, s'intéressent à ces pratiques.

L'impact du projet a été évalué à l'aune des avantages que les SNRVA et les agriculteurs participants tireront de ses résultats. Ce projet pourrait très bien servir d'étude de cas pour l'évaluation d'impact, qui pourra justifier un changement d'échelle du processus. Dans les années à venir, les études vont s'intéresser davantage à l'impact de l'érosion des sols sur la qualité de l'eau en aval et ses effets sur la santé humaine.

L'échange d'informations et le suivi ont une importance cruciale dans ce type de recherche qui use de méthodologies nouvelles et associe une série de partenaires. Les coûts d'équipement et les coûts de transaction, au départ, ont été très significatifs.

Un avantage largement reconnu et non négligeable du projet a été la mise au point et le partage de méthodologies entre tous les pays membres du consortium, d'évaluation d'impact des modifications dans l'usage des terres sur l'érosion à l'échelle du micro-captage,. Ces méthodologies pourraient aussi servir à mener des activités futures de recherche et de

développement dans d'autres régions, moyennant quelques adaptations. À titre indicatif, à Fiji, des scientifiques essaient aujourd'hui d'appliquer certaines expériences et activités du MSEC à la gestion durable des ressources foncières et hydriques de l'île. Un projet similaire devrait commencer d'ici la fin 2006 en Afrique du sud, en liaison avec l'IRD, l'IWMI et des partenaires nationaux.

Conclusion

Pour la recherche sur l'hydrologie et le contrôle de l'érosion des sols, le réseau de captation et de sous-captation établi en Asie du sud-est pour l'étude de l'hydrologie et de l'érosion du sol offre un outil précieux qui permet d'évaluer l'impact de l'usage des terres et de ses modifications, sur une gamme d'environnements biophysiques et socio-économiques. Ce réseau fournit des données de référence dans le but d'évaluer acceptabilité et le caractère durable des options technologiques à disposition pour la mise en valeur du bassin. C'est aussi une base pour le changement d'échelle et la promotion du choix de ces options au sein de collectivités plus larges. Cette approche intégrative, qui prend en compte les cadres biophysique, socio-économique, voire politique est probablement le système le plus viable en vue d'encourager le développement durable des zones de plateau.

Le MSEC est un exemple de collaboration fructueuse entre les SNRVA, l'IWMI et l'IRD. Pour bien des étudiants, c'est aussi une école de terrain très active.

¹ Christian Valentin chercheur de l'IRD, affecté à l'IWMI travaille avec l'Institut national de recherche agricole et sylvicole du Laos.

² Deborah Bossio est responsable du thème « Terres, eau et moyens de subsistance » à l'IWMI, Colombo, Sri Lanka.

³ Arthorn Boosaner est chercheur au Parc national, Département de la préservation de la faune et de la flore sauvage, Bangkok, Thaïlande.

⁴ Maria Teresa L. de Guzman est chercheur au Conseil des Philippines pour la recherche et le développement de l'agriculture, de la sylviculture et des ressources naturelles, Los Baños, Philippines.

⁵ Kongkeo Phachomphonh est chercheur à l'Institut national de recherche agricole et sylvicole, Vientiane, RPD du Laos.

⁶ Kasdi Subagyono est chercheur à l'Institut de recherche indonésien sur l'agroclimat et l'hydrologie, Bogor, Indonésie.

⁷ Tran Duc Toan est chercheur à l'Institut national pour l'étude des sols et des fertilisants, Hanoi, Viet-Nam.

⁸ Jean Louis Janeau chercheur de l'IRD, affecté à l'IWMI, travaille avec l'Université de Kasetsart, Bangkok, Thaïlande.

⁹ Didier Orange chercheur de l'IRD, affecté à l'IWMI travaille avec l'Institut national pour l'étude des sols et des fertilisants, Hanoi, Viet-Nam.

¹⁰ Olivier Ribolzi chercheur de l'IRD, affecté à l'IWMI travaille avec l'Institut national de recherche agricole et sylvicole, Vientiane, RPD du Laos.

Références

Agus F. and Sukristiyonubowo (2003) Nutrient loss and on-site cost of soil erosion under different land use. In: Integrated Watershed Management for Land and Water Conservation and Sustainable Agricultural Production in Asia (S.P. Wani, A.R. Magliano, A. Ramakrishna and T.J. Rego, eds). ADB-ICRISAT-IWMI, Hyderabad, India. pp. 163-170.

Chaplot V., Coadou le Brozec E., Silvera N. and Valentin C. (2005) Spatial and temporal assessment of linear erosion in catchments under sloping lands of Northern Laos. *Catena* 63:167-184.

Chaplot V., Giboire G., Marchand P. and Valentin C. (2005) Dynamic modelling for gully initiation and development under climate and land-use changes in northern Laos. *Catena* 63:318-328.

de Rouw A., Kadsachac K. and Gay I. (2003) Four farming systems and comparative test for erosion, weeds and labour input in Luang Phrabang region. *New Thoughts* 1:14-22. Perspectives on Lao development, first issue: food, fields and disasters, UNDP.

de Rouw A., Soullilad B., Phanthavong K. and Dupin B. (2005) The adaption of upland rice cropping to ever-shorter fallow periods and its limit. In: Poverty reduction and shifting cultivation stabilisation in the uplands of Lao PDR (B. Bouahom, A. Glendinning, S. Nilsson and M. Victor, eds). NAFRI, Vientiane, Lao PDR. pp. 139-148.

Dupin B., Phanthavong K.B., Chanthavongsa A. and Valentin C. (2003) Tillage erosion on very steep slopes in northern Laos. In: From soil research to land and water management: Harmonizing people and nature (A.R. Magliano, C. Valentin and F. Penning de Vries, Eds). IWMI, Bangkok, Thailand. pp. 105-112.

Greenland D.J., Bowen G., Eswaran H., Rhoades R. and Valentin C. (1994) Soil, water, and nutrient management: a new agenda. IBSRAM Position Paper, Bangkok, Thailand. 72 p.

- Janeau J.L., Bricquet J.P., Planchon O. and Valentin C. 2003. Soil crusting and infiltration on steep slopes in northern Thailand. *Eur. J. Soil Sci.* 54(3):543–554.
- Janeau J.L., Maglinao A.R., Lorent C., Bricquet J.P. and Boonsaner A. (2003). The off-site effects of soil erosion: A case study in the Mae Tang reservoir in northern Thailand. In: *From soil research to land and water management: Harmonizing people and nature* (A.R. Maglinao, C. Valentin and F. Penning de Vries, Eds). IWMI, Bangkok, Thailand. pp. 203–216.
- Lestrelin G. and Giordano M. (in press) Upland development policy, livelihood changes and land degradation: interactions from a Laotian village. *Land Degrad. Develop.* (in press).
- Maglinao A.R. and Valentin C. (2003) Catchment approach to managing soil erosion in Asia. In: *Research Towards Integrated Natural Resources Management – Examples of Research Problems, Approaches and Partnerships in Action in the CGIAR* (R.R Harwood and A.H. Kassam, eds). Interim Science Council, CGIAR. FAO Rome, Italy. pp. 21–46.
- Phommassack T., Agus F., Boonsaner A., Bricquet J.-P., Chantavongsa A., Chaplot V., Ilao R.O., Janeau J.L., Marchand P., Toan T.D. and Valentin C. (2003) Factorial analysis of runoff and sediment yield from 5 catchments and 21 sub-catchments of South-East Asia. In: *Integrated Watershed Management for Land and Water Conservation and Sustainable Agricultural Production in Asia* (S.P. Wani, A.R. Maglinao, A. Ramakrishna and T.J. Rego, eds). ADB–ICRISAT–IWMI, Hyderabad, India. pp. 163–170.
- Rumpel C., Alexis M., Chabbi A., Chaplot V., Rasse D.P., Valentin C. and Mariotti A. (2006a) Black carbon contribution to soil organic matter composition in tropical sloping land under slash and burn agriculture. *Geoderma* 130:35–46.
- Rumpel C., Chaplot V., Planchon O., Bernadou J., Le Bissonnais Y., Valentin C. and Mariotti A. (2006b) Preferential erosion of black carbon on steep slopes with slash and burn agriculture. *Catena* 65(1):30–40.
- Valentin C., Poesen J. and Yong Li (2005) Gully erosion: impacts, factors and control. *Catena* 63:132–153.
- Vigiak O., Ribolzi O. and Valentin C. (2006) Riparian land management for sediment trapping in a headwater catchment of Northern Laos. Communication to the Soil and Water Conservation Society workshop on Landscape Monitoring and Modelling for Environmental Quality, Kansas City; USA.

Improving catchment management on sloping land in Southeast Asia

Christian Valentin,¹ Deborah Bossio,² Arthorn Boonsaner,³ Maria Teresa L. de Guzman,⁴ Kongkeo Phachomphonh,⁵ Kasdi Subagyo,⁶ Tran Duc Toan,⁷ Jean-Louis Janeau,⁸ Didier Orange⁹ and Olivier Ribolzi¹⁰

Research on soil erosion has been based largely on small-plot experiments that provide little information about effects at the watershed scale. A new paradigm for research has come about under the Management of Soil Erosion Consortium, one of four consortia created by the Consultative Group on International Agricultural Research under its Soil, Water and Nutrient Management initiative. This research addresses whole catchment areas and involves the whole range of stakeholders, from land users to policymakers, in generating and promoting improved land-use practices.

The degradation of the natural resource base in many Southeast Asia countries is of increasing concern. Burgeoning population raises the pressure to exploit marginal resources, particularly land and water resources of upper watersheds, where many of the region's poorest make their livelihoods.

Tropical Southeast Asia suffers from serious soil erosion caused by intense rainfall during the rainy season. This is exacerbated by the cultivation of steep slopes in the upper catchment areas. In addition to directly reducing the productivity of the land, erosion causes further harm through the silting of rivers and reservoirs and other downstream effects.

Research on soil erosion has been based largely on small-plot experiments that provide little information about effects at the watershed scale. A new paradigm for research addresses whole catchment areas and involves the whole range of stakeholders, from land users to policymakers, in generating and promoting improved land-use practices.

This paper lists some of the major research findings of the Management of Soil Erosion Consortium (MSEC). This consortium is a prime example of cooperation between the International Water Management Institute (IWMI), one of the 15 research Centers supported by the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), and a research unit of the Institut de recherche pour le développement (IRD), a French research institute focused on developing countries.

A research consortium for a long-term research project

MSEC was established in 1997 as one of four consortia created by the CGIAR under its Soil, Water and Nutrient Management (SWNM) initiative. Its aim is to bring together leading researchers and practitioners in Asia to find solutions that meet the pressing need to manage upper watersheds more effectively. The overall objective of the project is to provide solid foundations for implementing science-based management of land and water resources to improve the livelihoods of people in the upper catchments of countries in Southeast Asia.

MSEC Phase 1, funded by the Asian Development Bank (ADB), focused on establishing a network of research partners including IRD and national agricultural research and extension services (NARES) in Indonesia, Laos, Nepal, Philippines, Thailand and Vietnam. The project established infrastructure for detailed soil erosion and runoff research in six selected basins in the partner countries, and national program scientists were trained on land and water management research techniques. The project developed and installed improved field equipment, enabling the partners to conduct cutting-edge field studies and develop knowledge on erosion and runoff processes.

MSEC Phase 2, which started in January 2003, builds on the results of Phase 1 by focusing on evaluating the impact of environmental factors on catchment behaviour and studying land-use changes and farming systems options to minimize soil erosion and improve farmers' income. Funding is provided by IWMI, IRD and the participating countries. Indonesia and the Philippines continued in 2003 and 2004 to allocate governmental cash contributions for implementing the project on their sites.

Between 1998 and May 2006, 18 IRD scientists were posted in three of the MSEC countries — Laos, Thailand and Vietnam — for durations ranging from 1 to 7 years. The consortium has also benefited from the activities of six IWMI scientists and approximately 20 NARES scientists. Over the same period, many students participated in the MSEC

activities, including eight PhD, 22 MS and 39 BS students, mostly from Laos, Vietnam, Thailand, France, Switzerland, Belgium and Netherlands.

Main research results

Unexpected impacts of soil conservation policies

Studies in northern Laos have shown that resettlement and soil conservation policies may increase population density. Whereas the national population density is less than 15 people per square kilometre (km²), population density in the representative village of Ban Lak Sip has grown to 350 people per km² of arable land as a result of natural growth coupled with resettlement and soil conservation policies. Because of this very high pressure on arable land, upland rice cropping will soon be unable to feed the population without external inputs. Fallow periods are becoming shorter, resulting in worsened weed infestation and falling yields. At 228 person-days per hectare (ha⁻¹) the workload in this rotational slash-and-burn cultivation system is no longer sustainable.

Impacts of rapid land use change on soil erosion

Surprisingly, soil conservation policies also increased soil losses at Ban Lak Sip from 4.7 tons (t) ha⁻¹ in 2002 to 11.3 t ha⁻¹ in 2005. Much of the material lost is organic matter, causing rapid decline in soil fertility. The cost of nutrient losses has been estimated to amount to US\$68 ha⁻¹ per year (yr⁻¹) on a 0.9 ha cultivated subcatchment of the Philippines MSEC site.

In the Vietnamese MSEC catchment, the predominant land-use has changed since 2000 from cassava production to tree plantation. The extent of cassava production in the catchment declined from 40% of the watershed area in 2001 to less than 0.5% in 2004. This decline in the area under crops provided an opportunity to introduce a livestock component into the catchment. The impact of the fodder species *Brachiaria ruziziensis*, established under a no till regime, has been evaluated with respect to its ability to reduce erosion of these slopes. Forest and fodder cover effectively eliminated erosion 1 year after establishment. The annual soil loss recorded through measurements of bed load — sediment near the bottom of a water channel that is pushed or rolled along by the water flow — decreased from 3.6 t ha⁻¹ yr⁻¹ prior to the establishment of fodder and/or plantation trees to 0.1-0.3 t ha⁻¹ yr⁻¹ in 2004. Similar results have been obtained for *Brachiaria ruziziensis* in the Lao MSEC catchment, where bed load decreased from 2.9 t ha⁻¹ yr⁻¹ to nearly zero in 1 year, and in the Indonesian MSEC catchment with *Panicum maximum*, where bed load decreased from 4.4 t ha⁻¹ yr⁻¹ to 0.5 t ha⁻¹ yr⁻¹ in 1 year. In all three cases, fodder was more effective at reducing bed load than suspended load.

Results from the 27 catchments and subcatchments included in MSEC clearly showed that land-use management, and in particular the percentage of the land area planted with annual crops, was the main predictor of runoff and sediment yields. When maize partly replaced upland rice in Laos or more completely replaced soybeans in Thailand, sediment yield increased dramatically, from 5.7 to 11.3 t ha⁻¹ yr⁻¹ in Laos and from 2.9 to 21.2 t ha⁻¹ yr⁻¹ in Thailand. Because maize provides little vegetative cover, the soil surface remains largely unprotected, surface crusts develop, and runoff increases and tends to concentrate in rills and gullies, causing erosion. Models showed that land-use changes are likely to have a greater impact on soil erosion than climatic change.

Processes affecting steep slopes

Very steep cultivated slopes with a grade of 30-110% (100% = 45°) generate specific soil erosion processes. Rain hitting a steep slope transfers less kinetic energy per square meter than rain falling on flatter land. As a result, soil crusting occurs less on steep slopes than on flat terrain. Infiltration rates are higher, mitigating sediment detachment. Conversely, tillage erosion — the downhill movement of soil caused by the force applied by agricultural tools and gravity — increases with slope steepness and can even exceed sheet erosion on slopes exceeding 60%.

Off-site impacts

A simple evaluation of the off-site effect of erosion was carried out at the Philippine site by estimating the cost of dredging sediment from the irrigation canals. Measurements of soil loss from the catchment indicate a total of 84,685 cubic meters (m³) of sediments has been washed into the irrigation canals since 1995; dredging this amount of sediment from the canals would cost more than \$50,000.

In Thailand, the sedimentation of a reservoir downstream of the catchment was evaluated. The amount of sediment that had accumulated in the reservoir since the construction of the dam was determined by comparing the topographic map of the site before the filling of the reservoir with the current depth of the water. Due to very intensive cultivation, soil erosion is severe (up to 20 t ha⁻¹ in 2004), causing rapid silting of reservoirs. The study showed that the volume of the reservoir has been reduced by 10% over 7 years.

Research impacts and evaluation

With strong and continuing partnerships among stakeholders, particularly farmers, the consortium has already borne fruit in most countries. In Vietnam, the evaluation of fodder crops as an alternative to annual crops such as cassava has stimulated an interest in improved livestock production among farmers in surrounding villages. They view this approach as offering a quicker and larger return on investment than establishing plantation forests. In Indonesia, the conversion of arable land into fodder banks combined with livestock production was based on the lesson learned that farmers' adoption and improvement of conservation measures is determined by the contribution of particular measures to the household economy. Farmers are attracted to a practice only if it promises an economic benefit, and so this consideration was systematically put forward in the process of participatory technology selection. In the Philippines, strips of natural vegetation were introduced at the suggestion of farmers. This was done using native grasses and some agroforestry species as hedgerows. Adoption seems to be affected by the farmers' tenure system. Whereas about half of landowners have adopted some conservation measures so far, no tenant farmer has adopted them. The major reason for farmers interested in the practice not to adopt it is the cost of establishment.

The impact of the project was evaluated by assessing the benefits collaborating NARES and participating farmers derive from its outputs. The project may very well serve as a case study for impact assessment, which will support the scaling-up process. In the coming years, studies will focus more on the impacts of soil erosion on water quality downstream and its effect on human health.

Exchange of information and monitoring are critical in this kind of research, which implements new methodologies and involves a number of partners. Equipment and transaction costs have initially been very significant.

A widely acknowledged and significant benefit of the project has been the development and sharing, among all countries involved in the consortium, of methodologies for assessing the impact of land-use change on soil erosion at the micro-catchment scale. The methodologies may also be useful for future research and development in other regions following some adaptations. For example, scientists in Fiji are currently attempting to apply some of MSEC's experiences and activities to the sustainable management of Fiji's land and water resources. A similar project is also planned to start by the end of 2006 in South Africa, in conjunction with IRD, IWMI and national partners.

Conclusion

The network of catchments and subcatchments established in Southeast Asia for hydrology and soil erosion management research provides a valuable tool for assessing the impact of land use and land-use changes on soil erosion over a range of biophysical and socioeconomic environments. It provides benchmark information for evaluating the acceptability and sustainability of technology options for catchment development. It also provides a basis for scaling up and promoting the uptake of such options to wider communities. This integrated approach, which considers the biophysical, socioeconomic, policy and even political environments, is likely to be the most workable system to sustain upland development.

MSEC provides an example of successful collaboration among NARES, IWMI and IRD. It is also a very active field school for many students.

¹ Christian Valentin is a researcher with the Institut de recherche pour le développement (IRD), International Water Management Institute (IWMI), and National Agricultural and Forestry Research Institute of Laos.

² Deborah Bossio is head of Theme 2: Land, Water and Livelihoods, at IWMI.

³ Arthorn Boonsaner is a researcher with the National Park, Wildlife and Plant Conservation Department of Thailand.

⁴ Maria Teresa L. de Guzman is a researcher with the Philippine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development.

⁵ Kongkeo Phachomphonh is a researcher with the National Agricultural and Forestry Research Institute of Laos.

⁶ Kasdi Subagyono is a researcher with the Indonesian Agroclimate and Hydrology Research Institute.

⁷ Tran Duc Toan is a researcher with the National Institute for Soils and Fertilizers of Vietnam.

⁸ Jean-Louis Janeau is a researcher with IRD-IWMI and Kasetsart University in Thailand.

⁹ Didier Orange is a researcher with IRD-IWMI and the National Institute for Soil and Fertilizers of Vietnam.

¹⁰ Olivier Ribolzi is a researcher with IRD-IWMI and the National Agricultural and Forestry Research Institute of Laos.

References

- Agus F, Sukristiyonubowo. 2003. Nutrient loss and on-site cost of soil erosion under different land use. In: Integrated watershed management for land and water conservation and sustainable agricultural production in Asia (Wani SP, Maglinao AR, Ramakrishna A, Rego TJ eds.). ADB-ICRISAT-IWMI, Hyderabad, India. pp 163-170.
- Chaplot V, Coadou le Brozec E, Silvera N, Valentin C. 2005. Spatial and temporal assessment of linear erosion in catchments under sloping lands of northern Laos. *Catena* 63:167-184.
- Chaplot V, Giboire G, Marchand P, Valentin C. 2005. Dynamic modelling for gully initiation and development under climate and land-use changes in northern Laos. *Catena* 63:318-328.
- de Rouw A, Kadsachac K, Gay I. 2003. Four farming systems and comparative test for erosion, weeds and labour input in Luang Phrabang region. *New Thoughts* 1:14-22. Perspectives on Lao development, first issue: Food, fields and disasters, UNDP.
- de Rouw A, Soullilad B, Phanthavong K, Dupin B. 2005. The adaptation of upland rice cropping to ever-shorter fallow periods and its limit. In: Poverty reduction and shifting cultivation stabilisation in the uplands of Lao PDR (Bouahom B, Glendinning A, Nilsson S, Victor M, eds.). National Agricultural and Forestry Research Institute, Vientiane, Lao PDR. pp 139-148.
- Dupin B, Panthavong KB, Chanthavongsa A, Valentin C. 2003. Tillage erosion on very steep slopes in northern Laos. In: From soil research to land and water management: Harmonizing people and nature (Maglinao AR, Valentin C, Penning de Vries F, eds.). IWMI, Bangkok, Thailand. pp 105-112.
- Greenland DJ, Bowen G, Eswaran H, Rhoades R, Valentin C. 1994. Soil, water and nutrient management: A new agenda. International Board for Soil Research and Management Position Paper, Bangkok, Thailand. 72 p.
- Janeau JL, Bricquet JP, Planchon O, Valentin C. 2003. Soil crusting and infiltration on steep slopes in northern Thailand. *Eur. J. Soil Sci.* 54(3):543-554.
- Janeau JL, Maglinao AR, Lorent C, Bricquet JP, Boonsaner A. 2003. The off-site effects of soil erosion: A case study in the Mae Tang reservoir in northern Thailand. In: From soil research to land and water management: Harmonizing people and nature (Maglinao AR, Valentin C, Penning de Vries F, eds.). IWMI, Bangkok, Thailand. pp 203-216.
- Lestrelin G, Giordano M. Upland development policy, livelihood changes and land degradation: Interactions from a Laotian village. *Land Degrad. Develop.* In press.
- Maglinao AR, Valentin C. 2003. Catchment approach to managing soil erosion in Asia. In: Research towards integrated natural resources management — examples of research problems, approaches and partnerships in action in the CGIAR (Harwood RR, Kassam AH, eds.). Interim Science Council, CGIAR. FAO Rome, Italy. pp 21-46.
- Phommassack T, Agus F, Boonsaner A, Bricquet J-P, Chantavongsa A, Chaplot V, Ilao RO, Janeau JL, Marchand P, Toan TD, Valentin C. 2003. Factorial analysis of runoff and sediment yield from 5 catchments and 21 sub-catchments of South-East Asia. In: Integrated watershed management for land and water conservation and sustainable agricultural production in Asia (Wani SP, Maglinao AR, Ramakrishna A, Rego TJ, eds.). ADB-ICRISAT-IWMI, Hyderabad, India. pp 163-170.
- Rumpel C, Alexis M, Chabbi A, Chaplot V, Rasse DP, Valentin C, Mariotti A. 2006. Black carbon contribution to soil organic matter composition in tropical sloping land under slash and burn agriculture. *Geoderma* 130:35-46.
- Rumpel C, Chaplot V, Planchon O, Bernadou J, Le Bionnais Y, Valentin C, Mariotti A. 2006. Preferential erosion of black carbon on steep slopes with slash and burn agriculture. *Catena* 65(1):30-40.
- Valentin C, Poesen J, Yong Li. 2005. Gully erosion: Impacts, factors and control. *Catena* 63:132-153.
- Vigiak O, Ribolzi O, Valentin C. Riparian land management for sediment trapping in a headwater catchment of northern Laos. Communication to the Soil and Water Conservation Society workshop on "Managing agricultural landscapes for environmental quality, strengthening the science base," scheduled for 11-13 October 2006, Kansas City, USA.



LA FRANCE ET LE CGIAR:

DES RESULTATS SCIENTIFIQUES POUR LA RECHERCHE AGRICOLE INTERNATIONALE

La présente publication a été coordonnée par Daniel Rocchi et placée sous l'autorité scientifique d'un Comité de rédaction composé paritairement d'experts du CGIAR et français: Denis Despréaux,¹ Emile Frison,² Bernard Hubert³ et Manuel Lantin⁴.

Les articles signés sont de la responsabilité de leurs auteurs et les textes non signés sont de la responsabilité du Comité de rédaction.

Daniel Rocchi est officier de liaison au Secrétariat du CGIAR à Washington depuis 2005, mis à disposition par le ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Titulaire d'un doctorat en sociologie rurale, il a occupé différentes responsabilités en matière d'aménagement et de développement de l'espace rural, notamment aux Antilles, avant de rejoindre, en 1999, la Direction générale de l'enseignement et de la recherche de ce ministère où il s'est spécialisé dans l'administration de la recherche.

¹ Denis Despréaux est sous directeur de la performance de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation au ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Il est aussi secrétaire exécutif de la Commission de la recherche agricole internationale (CRAI). Titulaire d'un doctorat en phytopathologie, il a consacré sa carrière scientifique aux cultures pérennes tropicales.

² Emile Frison est directeur général de l'Institut international des ressources phytogénétiques (IPGRI) depuis août 2003. Titulaire d'un doctorat en pathologie des plantes, il a consacré une part importante de sa carrière à la recherche agricole internationale pour le développement.

³ Bernard Hubert, titulaire d'un doctorat en écologie, a étudié l'écologie des rongeurs en Afrique de l'ouest avant de rejoindre l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) où il a dirigé le département de recherche «Systèmes agraires et développement ». Aujourd'hui, il est directeur scientifique de la division Société, Économie, Décision et responsable de la problématique de développement durable à l'INRA, où il est directeur de recherche. Il est aussi directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS) de Paris.

⁴ Manuel Lantin, conseiller scientifique au Secrétariat du CGIAR, est titulaire d'un doctorat de phytogénétique. Avant de rejoindre le Secrétariat du CGIAR, il a été responsable de la recherche et de la formation au ministère de l'Agriculture des Philippines, président du département d'agronomie et directeur adjoint de l'Institut d'amélioration des plantes de l'Université des Philippines à Los Bagnos.