



HAL
open science

La gestion intégrée de bassin versant face aux représentations des acteurs locaux. Le cas du bassin versant de Pang Da, Nord Thaïlande

Nicolas Becu, Pascal Perez

► To cite this version:

Nicolas Becu, Pascal Perez. La gestion intégrée de bassin versant face aux représentations des acteurs locaux. Le cas du bassin versant de Pang Da, Nord Thaïlande. Atelier du PCSI (Programme Commun Systèmes Irrigués) sur la Gestion Intégrée de l'Eau au Sein d'un Bassin Versant, 2003, Montpellier, France. 13 p. cirad-00177932

HAL Id: cirad-00177932

<https://hal.science/cirad-00177932>

Submitted on 9 Oct 2007

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

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

La gestion intégrée de bassin versant face aux représentations des acteurs locaux

Le cas du bassin versant de Pang Da, Nord Thaïlande

Nicolas BECU*, Pascal PEREZ**

*CEMAGREF-Irrigation, 361, rue J.-F. Breton, BP 5095, Montpellier 34033 Cedex 01, France

**CIRAD-Australie, Research School of Pacific & Asian Studies, Australian National University, ACT 0200, Australie

Résumé — Dans un bassin versant de 15 km² des montagnes du Nord Thaïlande, des visions hétérogènes de la ressource en eau et de sa dynamique se côtoient. Alors que les enjeux perçus par les usagers du territoire sont plutôt liés à des objectifs de production à une échelle restreinte, le point de vue des institutions est celui de la conservation des ressources naturelles (forêt, eau, sol) à l'échelle du bassin versant. Dans une perspective de modélisation intégrée du bassin versant prenant en compte les représentations des usagers, une méthodologie d'identification et de formalisation des représentations basée sur les techniques d'élicitation de l'ingénierie des connaissances a été mise en place et appliquée dans deux villages du bassin versant, un à l'amont, et l'autre à l'aval. Les résultats montrent que les représentations du système des usagers sont situées dans l'espace du village et de ses environs immédiats, où la place de la relation amont-aval au sein du bassin versant est limitée, même si elle est plus nuancée à l'échelle du système des périmètres irrigués de l'aval. Dans l'ensemble, les usagers révèlent des modes de représentation plus portés sur les systèmes de cultures, la commercialisation ou la gestion des sols que sur la ressource en eau et sa gestion. L'eau semble être perçue comme un facteur secondaire pour les usagers, alors même qu'elle est citée par les institutions gouvernementales et de nombreuses ONG comme un enjeu de première importance du Nord Thaïlande.

Abstract — **Integrated catchment management confronted with local representations. Example of the Pang Da catchment, Northern Thailand.** In a 15 km²-catchment of Northern Thailand, contrasted visions of water dynamics and management co-exist. The institutional viewpoint focuses upon natural resources management at the level of the whole catchment, while local users tend to develop more production oriented and spatially limited visions. In order to bring local representations into an integrated modelling, an elicitation method, derived from Knowledge Engineering, was implemented in two different villages. First results show that local users have a limited vision of their environment, focusing mainly on the village territory. Upstream-downstream relationships are expressed in very broad terms. Cropping systems, soil management or trading largely dominate their mental models and often override water management issues. Hence, water is locally perceived as a secondary factor while government agencies and many NGOs still consider it as a major stake for Northern Thailand.

Gestion des bassins versants dans le Nord-Thaïlande

Comme dans de nombreuses autres régions, l'unité spatiale du bassin versant, en tant que surface fermée, drainée par un cours d'eau en amont d'un point définissant son exutoire, est une unité de gestion également privilégiée dans le Nord de la Thaïlande. L'organisation des structures gouvernementales l'atteste. Ainsi en 1964, le cabinet ministériel créa un comité chargé du développement et de la préservation des bassins versants qui rassemblait 9 agences gouvernementales. Dès cette période, l'accent a été mis sur la protection de l'environnement, des ressources naturelles et notamment de la couverture forestière de la zone amont des bassins versants. Aujourd'hui, la politique de gestion des bassins versants est en grande partie orientée par la division de gestion des bassins versants du ministère de la forêt (Royal Forest Department – RFD) et par la division de gestion et de préservation de l'eau et du sol du ministère du développement des terres (Land Development Department - LDD). Cela s'explique par le fait que ces institutions voient dans la déforestation et les importants changements agraires des 30 dernières années, une menace pour les ressources en eau et en sol.

Eau et forêt : entre propagande et polémique

Le cœur de cette politique remonte à 1953 lorsque le RFD débuta un programme de gestion des bassins versants dont l'activité principale était la reforestation des versants, justifiée par l'hypothèse que « seule la forêt peut produire un rendement et une distribution optimale de l'eau » (site du RFD : <http://www.forest.go.th>). L'explication qui est souvent avancée et fortement médiatisée auprès de la population est que la forêt agit comme une « éponge » qui stocke l'eau durant la saison des pluies et la relâche progressivement durant la saison sèche (Vincent *et al.*, 1995). Cette hypothèse est aujourd'hui implicite pour la plupart des agences gouvernementales et elle oriente nombreuses de leurs actions ainsi que celles d'un certain nombre d'ONG et de la Fondation des projets royaux (Royal Project Foundation – RPF). C'est ainsi qu'en 1998, sous l'impulsion du cabinet ministériel, le RFD a établi une classification de l'ensemble des bassins versants du Nord Thaïlande déterminant les zones d'habitation et les zones agricoles et forestières ; cette classification pouvant entraîner la délocalisation d'un certain nombre de villages de minorités ethniques vivant dans les hauteurs des bassins. Parallèlement, le LDD place l'aménagement du paysage rural au centre de ses priorités avec notamment la mise en place de diverses mesures de lutte contre l'érosion dans les zones agricoles de montagne (vétiver, culture en terrasse, fossé perpendiculaire à la pente).

L'image de la forêt « éponge » et les slogans du type « protégez la forêt pour préserver la ressource en eau » (Mingsarn, 2000) sont fortement véhiculés auprès des zones rurales du Nord Thaïlande. Les villageois concernés sont avertis aussi bien par les médias (radio, télévision, journaux) que par les conseillers agricoles et les vulgarisateurs voir même par des panneaux d'affichage montrant un paysage forestier et de l'eau accompagné de divers slogans de propagande. A ce message est étroitement liée la notion de bassin versant. Ainsi la vision du réseau hydrographique sous la forme de cours d'eau affluant vers un lit majeur est présente dans le référentiel de la plupart des agriculteurs que nous avons rencontrés.

Malgré l'importance de l'enjeu environnemental et social qui découle de cette hypothèse sur la relation eau-forêt, il existe relativement peu de preuves scientifiques. Par ailleurs, depuis une quinzaine d'années et bien que souvent passé sous silence, un certain nombre d'experts réfutent cette hypothèse (Alford, 1992 ; Nipon, 1994 ; Forsyth, 1996). Le contre-argument souvent mis en avant est que la couverture forestière extrait de grandes quantités d'eau du système « bassin versant » via son évapotranspiration. Ainsi, Ives et Messerli (1989) estiment que la forêt doit être vue plutôt comme une « pompe » que comme une « éponge » dans l'équilibre hydrologique des bassins versants.

Tensions, conflits et interactions

Le maintien du postulat de la « forêt-éponge » par les diverses institutions engendre des tensions de plus en plus vives entre les différents acteurs en jeu. Ainsi, il est devenu courant de montrer du doigt les agricultures des zones amonts des bassins versants lorsqu'un manque d'eau se fait sentir en aval. Les institutions, la presse et certains chercheurs font facilement le rapprochement entre minorités ethniques vivant dans les zones amonts, déforestation liée aux pratiques agricoles de ces communautés et manque

d'eau observé dans les bas-fonds (Chusak et Dearden, 1999). Ces accusations ont parfois été reprises par les agriculteurs des bas-fonds et ont débouché sur des conflits ouverts entre villages d'un même bassin (Kanwanich, 1997). De leur côté, les Hmongs, Akhas, Karens et autres minorités ethniques se sentent injustement visés et ce d'autant plus que de nombreux villages ont profondément modifié leurs pratiques agricoles, abandonnant les techniques traditionnelles d'abattis-brûlis. En outre, du côté des scientifiques, un certain nombre de voix se font entendre sur les causes des manques d'eau constatés dans les bas-fonds, soutenant que le problème ne réside pas dans une diminution de l'offre mais dans une augmentation de la demande résultant de l'accroissement des surfaces irriguées en aval (Walker, 2003 ; Waranoot et Bengtsson, 1996). Ainsi, pour ces auteurs, la déforestation est un faux problème dont l'importance a été amplifiée ; l'enjeu étant aujourd'hui d'arriver à concilier durant la saison sèche une demande en eau croissante et une offre climatique irrégulière (Walker, 2003).

A l'origine de ces tensions se trouve aussi une situation où de multiples acteurs, d'origines et d'implications différentes (usagers, institutions gouvernementales, ONG...), sont amenés à interagir de plus en plus étroitement ensemble pour la gestion des ressources naturelles. C'est ainsi que la nouvelle constitution de 1997 donne un cadre administratif à l'implication des communautés locales dans cette gestion, et que le 8^e Plan national de développement économique et social (1997-2001), puis le 9^e (2002-2006), renforce cette approche en instaurant un certain nombre de mesures visant à une plus grande participation des communautés locales dans la gestion des ressources naturelles et la conservation des bassins versants (Missingham, 2000). Si la vision et les objectifs des institutions sont relativement bien connus, maintenant que la « participation » est souhaitée et mise en œuvre, et étant donné les tensions que nous avons évoquées plus haut, on est en droit de se demander si la vision et les objectifs des communautés locales sont en accord avec celle du gouvernement. Dans la même ligne de pensée, si l'on souhaite comprendre le fonctionnement des interactions entre ces différents acteurs, il est important de comprendre ce qui régit leurs motivations et comment ils perçoivent la gestion des ressources naturelles. C'est dans cette perspective que s'inscrivent l'identification et la formalisation des représentations d'agriculteurs que nous avons effectuées dans un bassin versant du Nord-Thaïlande.

En identifiant et en formalisant les représentations individuelles que se font les agriculteurs de la gestion des ressources naturelles au sein du bassin, nous nous donnons les moyens d'évaluer l'hétérogénéité de ces points de vue. Cet article vise à restituer la méthodologie utilisée ainsi que les principaux modes de représentation des différents usagers de l'eau. La question à laquelle nous tentons de répondre ici est la concordance entre les visions des usagers et la gestion de la ressource en eau à l'échelle du bassin versant.

Méthode d'élicitation¹ des modes de représentation

Le bassin versant de Pang Da

Le bassin versant étudié est situé à environ 40 km au nord-ouest de Chiang Maï, la première ville du Nord-Thaïlande. Il s'étend le long de la rivière Pang Da sur une surface de 15 km² qui se découpe en trois zones agricoles distinctes. Buak Jan, un village de la minorité ethnique hmong comptant une population entièrement agricole de 700 habitants, se trouve dans la zone amont à une altitude de 1 250 mètres. L'agriculture est caractérisée par la production de fleurs coupées, le maraîchage (carotte, laitue, choux) et des vergers de litchi. Durant la saison sèche, les agriculteurs irriguent les fleurs coupées et quelques parcelles de maraîchage via deux sources d'eau : des petits ruisseaux à flanc de colline qui se tarissent en milieu de saison sèche et un réservoir qui bien qu'alimenté en permanence par une source naturelle, est parfois la cause de conflits d'accès à la ressource entre agriculteurs. En outre, le LDD a aménagé sur les parcelles des agriculteurs de Buak Jan un certain nombre de mesures anti-érosion servant à inciter les villageois à adopter ces pratiques et à en étendre l'usage à l'ensemble de leur zone agricole. La zone centrale du bassin versant (de 660 à 900 mètres d'altitude) est caractérisée par la présence d'un projet royal du RPF dont la zone d'activité est en dehors du bassin mais qui irrigue une quinzaine d'hectares à partir d'un grand réservoir d'une capacité de pratiquement 1 million de m³

¹ Eliciter : rendre explicites les structures définies dans un système (par ex. le référentiel d'un domaine). Les techniques d'élicitation de l'ingénierie des connaissances consistent à « capturer » et à spécifier la connaissance.

collectant les écoulements provenant de la zone amont. Ce réservoir alimente également de grandes exploitations privées appartenant à des investisseurs de Chiang Mai et de Bangkok. Enfin, en aval du bassin versant se trouve une zone de bas-fond caractérisée par une suite de périmètres agricoles irrigués utilisés par plusieurs villages thaï. Le village de Sai Mun que nous avons étudié (540 mètres d'altitude) se trouve légèrement en aval de l'exutoire du Pang Da et compte environ 500 habitants dont 85 % des foyers exploitent des parcelles agricoles dans l'un des trois périmètres irrigués rattachés au village. Les cultures pratiquées sont le riz durant la saison des pluies, une culture de rente à forte valeur ajoutée en début de saison sèche (ail principalement) et pour une grande partie des agriculteurs une troisième production qui peut être du soja, du maïs ou des variétés locales d'haricots et de fèves.

Méthodologie d'élicitation

Les bases de la méthodologie d'élicitation des modes représentations ont été établies lors d'un premier travail de recherche auprès de viticulteurs de la vallée de l'Orb (Becu, 2003a). Cette méthodologie a ensuite été développée et appliquée dans le bassin versant du Pang Da auprès de 12 agriculteurs du village de Buak Jan (à l'amont du bassin) et de 14 agriculteurs du village de Sai Mun (à l'aval du bassin). L'échantillonnage a été réalisé sur le critère d'hétérogénéité des points de vue des agriculteurs et non de représentativité de la population, étant donné que l'objectif de ce travail n'est pas l'aide à la décision mais la médiation et la négociation entre acteurs (Barreteau, 2003). La méthodologie s'est déroulée en trois phases :

- la collecte de représentations sous forme de transcriptions d'entretiens individuels avec les agriculteurs ;
- l'élicitation à proprement parler des éléments et relations des représentations individuelles sur la base d'une analyse des transcriptions et leur formalisation, cette phase a abouti à la création de diagrammes de représentation individuelle ;
- la confirmation des diagrammes de représentation s'est faite au travers de séances de jeu individuel menées auprès des agriculteurs de notre échantillon.

Phase d'enquête

Conformément à la théorie de l'action située (Menzies, 1996), les enquêtes se sont déroulées sur les parcelles des agriculteurs en vue de situer la personne interrogée dans son contexte de travail habituel et ce, en raison de la dépendance du processus de décision à la situation vécue ou décrite. Une phase d'insertion (ou d'immersion), précédant les enquêtes, a été nécessaire dans les villages, afin d'établir des relations de confiance avec les agriculteurs. Le processus a été différent dans les deux villages en raison de leur contexte socioculturel respectif. Dans le cas de Buak Jan, nous avons engagé avec le chef de village une étude sur la gestion de l'eau et du sol, qui a permis de mener à bien nos enquêtes individuelles avec des questions ouvertes, sur la perception du bassin versant et la gestion des ressources naturelles. Dans le cas de Sai Mun, l'insertion s'est fait par une approche qui tient plus de l'enquête ethnographique (observation, discussions, participation à la vie du village), durant laquelle nous avons mené des entretiens individuels dirigés vers la perception du bassin versant et la gestion des ressources naturelles que nous avons ensuite transcrits.

Ingénierie des connaissances et élicitation

Notre méthodologie repose sur une technique d'élicitation héritée de l'ingénierie des connaissances (Becu, 2003a). Cette discipline, qui vise notamment au développement de systèmes à base de connaissances principalement dédiés à l'aide à la décision, a capitalisé une large expérience en matière d'acquisition et de formalisation de connaissances (Gaines et Shaw, 1993 ; Lukose et Kremer, 1996). Parmi les différentes techniques d'élicitation utilisées, l'analyse de protocole basée sur la théorie des niveaux de connaissances de Newell (1982) nous est apparue la mieux adaptée au contexte de notre recherche. Elle consiste à identifier dans une transcription l'ensemble des mots et expressions sémantiques relatifs aux éléments et aux concepts du domaine étudié. La classification proposée par Newell a été améliorée pour donner naissance aux « objets de connaissance », associés à des expressions sémantiques typiques (Ehret *et al.*, 2000 ; Gray et Kirschenbaum, 2000). Nous avons utilisé ces associations afin d'identifier et de formaliser, dans les transcriptions individuelles, les éléments et les concepts liés aux représentations que se font les agriculteurs du fonctionnement du bassin versant et de

la gestion des ressources. Le formalisme des objets de connaissance étant relativement proche de celui utilisé en programmation orientée objet, nous avons pu établir des diagrammes de représentations individuelles proches de la sémantique UML (Unified Modeling Language ; Grady *et al.*, 1998).

Ces diagrammes sont principalement constitués des objets du modèle conceptuel (les éléments du système perçus par les agriculteurs) et des interactions entre ces objets (les relations entre les éléments perçus par l'agriculteur). Ainsi dans la figure 1, la parcelle, la saison des pluies, le canal, le périmètre irrigué de Na Haa Baht, sont une partie des éléments constitutifs de la représentation de l'agriculteur de la gestion de l'eau. De même, la relation entre le canal et la parcelle montre que l'agriculteur perçoit une dépendance entre la position de la parcelle le long du canal et la quantité d'eau disponible. La taille de ces diagrammes est d'environ 30 éléments par diagramme et nous avons établi le diagramme de chacun des agriculteurs de notre échantillon pour les deux villages étudiés. Puis nous avons confirmé ces diagrammes à l'aide de séances de jeu menées avec chacun des agriculteurs, que nous avons appelées « *playable stories* ».

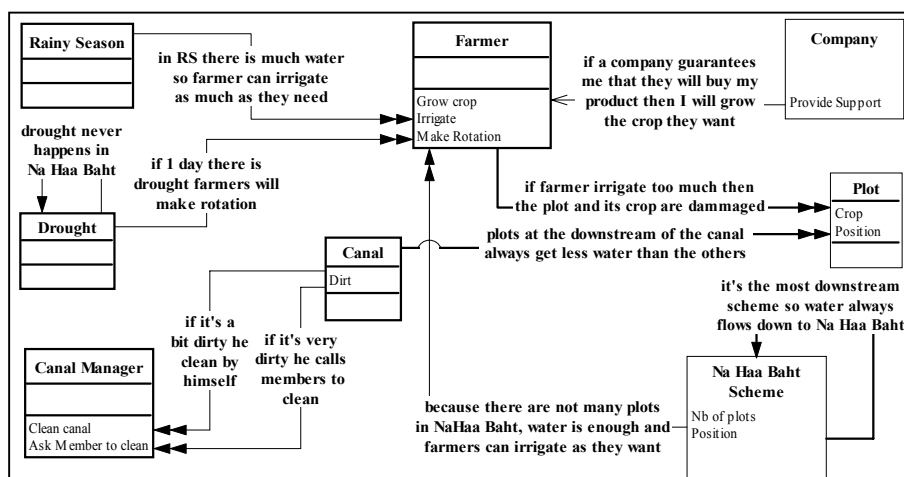


Figure 1. Extrait du diagramme de représentation de l'agriculteur 12 de Sai Mun.

Confirmation par les *playable stories*

Durant ses séances, nous avons cherché à confirmer uniquement les objets des diagrammes (les éléments du système perçus) et ce, à l'échelle individuelle. Pour cela, nous avons établi une ontologie² des éléments du système, constituée de l'ensemble des objets distincts identifiés dans les diagrammes de chacun des villages. Ces éléments ont été matérialisés sous forme de cartes et le nom de chaque élément était inscrit sur une carte. Ces cartes ont ensuite été disposées sur un panneau que nous avons utilisé lors des séances de *playable stories* (figure 2).

Durant la première étape des *playable stories*, nous demandions à l'agriculteur de choisir, parmi les cartes du panneau, celles qui lui semblaient être les plus importantes, en tant qu'agriculteur vivant dans son village. Puis, dans une deuxième étape, nous mettions l'agriculteur en situation en lui racontant une histoire retraçant la vie dans le village et l'évolution de son environnement social et naturel (climatique notamment) au cours de l'année. Au cours de cette histoire, nous demandions alors à l'agriculteur de nous raconter les activités qu'il entreprenait en réaction aux diverses situations climatiques, socio-économiques et agronomiques contées par notre histoire. Durant ces phases, nous extrayions les éléments du système cités par l'agriculteur que nous rajoutions aux cartes déjà choisies par l'agriculteur à l'étape précédente. Enfin, dans la dernière étape, nous demandions à l'agriculteur de commenter l'ensemble des cartes ayant été identifiées et de les relier à l'aide de bouts de laine figurant les relations qu'il voyait entre les éléments du système qu'il avait établi (figure 3).

2 Ontologie : spécification formelle d'une conceptualisation. C'est une façon de représenter à la fois les connaissances d'un domaine et les éléments unitaires de ces connaissances.



Figure 2. Les cartes sont placées sur un panneau pour qu'elles puissent être vues d'un coup d'œil.

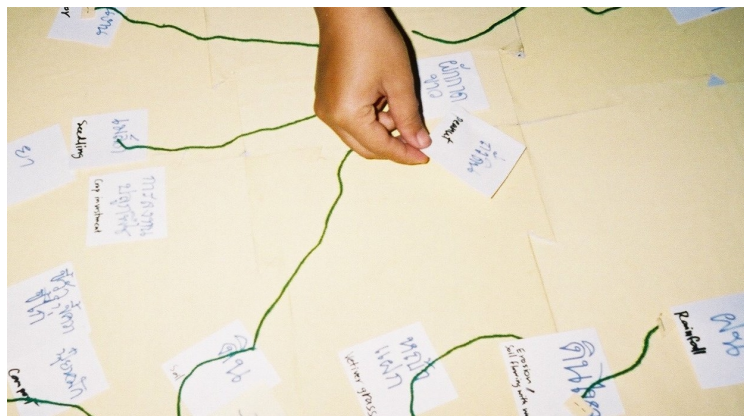


Figure 3. Les cartes sont reliées par des bouts de laine figurant les interactions.

Nature des résultats obtenus

Les trois phases de la méthodologie ont agi comme un processus continu d'identification des représentations des agriculteurs. Que ce soit l'enquête ethnographique, l'élicitation ou les *playable stories*, à chaque fois notre compréhension des points de vue des agriculteurs, de leurs perceptions des processus naturels et des dynamiques sociales et ainsi que leur façon d'envisager les enjeux et d'y faire face, s'en est trouvée affinée et complétée. C'est ainsi que durant les séances des *playable stories* nous avons identifié des comportements plus orientés vers la maximisation du profit et la commercialisation sur le marché chez certains agriculteurs, alors que d'autres étaient plutôt orientés vers les pratiques culturelles ou la création de partenariat avec des entreprises privées par exemple. Ainsi, outre la confirmation par les *playable stories* qu'en moyenne $\frac{3}{4}$ des éléments d'un diagramme individuel sont élicités à nouveau lors de ces séances, les résultats obtenus par les *playable stories* révèlent un grand pouvoir d'élicitation de cette méthode ; et il pourrait être intéressant d'exploiter cette méthode en dehors de la méthodologie complète déployée ici.

En définitive, l'établissement des diagrammes nous a permis de recueillir des informations plutôt orientées vers la perception des processus du bassin versant et de la gestion des ressources naturelles et les décisions qui en découlent, alors que les *playable stories* nous ont plutôt renseignés sur les orientations du comportement des agriculteurs sur tel ou tel élément du système. En outre, le fait que l'étude ait été réalisée au niveau de l'individu, permet de souligner très clairement l'hétérogénéité des points de vue et représentations des agriculteurs. Cela nous a permis d'établir des profils de représentation d'agriculteur. Ainsi, dans les deux chapitres qui suivent nous faisons la synthèse de ces résultats sous deux angles d'approche : les perceptions du territoire et du bassin versant, puis l'hétérogénéité des perceptions de la gestion de l'eau.

Les divers modes de représentation

L'importance du territoire villageois

En premier lieu, nous avons remarqué, via l'analyse des diagrammes, que les éléments de la représentation des agriculteurs sont principalement situés dans l'espace du village et de sa zone agricole. En effet, lorsque les agriculteurs font référence à des éléments hors de cet espace s'est souvent de façon globale (la zone en aval du village, les villages dans les montagnes...) et incomplète. De même les relations entre l'espace du village et ces éléments extérieurs ont pour la plupart un caractère descriptif et n'ont que peu de liens avec les processus de décisions inscrits dans les diagrammes. Dans certains diagrammes, on retrouve une connexion entre les éléments extérieurs au village et l'apprentissage de l'agriculteur qui procède alors par comparaison. Par exemple, des agriculteurs de Sai Mun évoquent les pratiques agricoles d'un village situé à quelques kilomètres en amont et en tirent des conclusions pour la gestion de leur exploitation. Par contre, aucun lien de cette sorte n'est évoqué par rapport au village de Buak Jan qui se trouve sur une topo-séquence très différente de celle de Sai Mun (la réciproque est vraie pour les agriculteurs de Buak Jan). A l'inverse, les éléments inscrits dans l'espace du village de sa zone agricole et de ses environs immédiats sont nettement détaillés dans les diagrammes et sont sujets à de nombreuses interactions évoquées par les agriculteurs. On retrouve aussi bien des éléments liés à l'exploitation tels que la parcelle, les cultures, le petit réservoir individuel d'eau utilisé par les agriculteurs de Buak Jan, que des éléments liés à la gestion collective des ressources et aux interactions à l'échelle du village comme les périmètres irrigués de Sai Mun, le grand réservoir collectif d'eau de Buak Jan, le comité de village ou encore les types de sols rencontrés dans la zone agricole et ses environs immédiats. De nombreuses interactions, intervenant sur les décisions aussi bien au niveau individuel que collectif, sont perçues entre ces éléments : e.g. diverses perceptions des liens entre l'eau, la plante et le sol qui interviennent sur les itinéraires techniques et les assolements choisis par les agriculteurs, perception du fonctionnement du système d'accès aux sources d'eau collectives et du comportement des autres agriculteurs qui vont agir sur les décisions de prélèvement d'eau de l'agriculteur. Cet espace sert également de lieu privilégié d'échange entre les agriculteurs quant à l'apprentissage des pratiques agricoles et des stratégies de gestion qui apparaît (selon les informations que nous retrouvons dans les diagrammes) fonctionner principalement par imitation et comparaison.

Ainsi, le village et ses environs immédiats apparaissent comme un espace cohérent, détaillé et privilégié des agriculteurs que nous avons enquêtés. C'est ainsi que nous le définissons comme le territoire perçu par les agriculteurs car il est l'espace dans lequel les décisions des usagers s'inscrivent. Notons que les agriculteurs se réfèrent également dans leurs décisions et leur apprentissage, aux actions, conseils et propositions de divers partenaires intervenant sur leur territoire comme les agents du LDD à Buak Jan (aménagement anti-érosion), les conseillers du RPF (informations techniques) ou encore les entreprises privées (contrats de culture).

Des représentations floues du bassin versant

Nous examinons ici les représentations que les agriculteurs se font de l'échelle du bassin versant en envisageant d'abord la perception qu'ont les agriculteurs de l'amont, puis inversement. Les agriculteurs de Buak Jan se réfèrent à l'aval du bassin versant comme étant la zone vers laquelle les ruisseaux du village s'écoulent. Néanmoins, nous retrouvons dans les résultats des diagrammes et des *playable stories* très peu de références aux agriculteurs et autres acteurs intervenant sur cette zone, et en particulier concernant l'usage de l'eau dans cette zone. La seule exception notoire est le grand réservoir du projet royal du RPF situé au centre du bassin dont les agriculteurs de Buak Jan disent qu'il procure beaucoup d'eau pour l'agriculture de cette zone, mais sans réellement évoquer les usagers ni d'interactions avec cette zone. Par ailleurs, à aucun moment les agriculteurs ne nous ont parlé de la zone de bas-fonds située plus en aval. De leur côté, la plupart des agriculteurs de Sai Mun associent l'amont du bassin versant à l'origine de l'eau dont bénéficie le village. Mais la description de la ressource est différente d'un agriculteur à l'autre : certains parlent d'une source d'eau chaude étant à l'origine du cours d'eau principal, d'autres d'un village situé à proximité, d'autres du réservoir du projet royal. Les agriculteurs évoquent également la forêt qui est la source d'eau pour tous et nous ont parfois dessiné le schéma d'un réseau hydrographique pour nous expliquer comment la forêt alimente les ruisseaux qui se réunissent ensuite pour former un cours d'eau principal ; enfin peu d'agriculteurs font référence au village de Buak Jan.

Par ailleurs, si dans les diagrammes de Buak Jan il n'y a pas d'interactions entre le village et la zone aval, dans ceux de Sai Mun nous retrouvons des relations de dépendances entre des éléments de l'amont et la quantité d'eau disponible au village. C'est ainsi que certains agriculteurs expliquent qu'à la suite de la construction du réservoir du projet royal au centre du bassin la quantité d'eau disponible à Sai Mun a diminué. De même d'autres agriculteurs nous ont fait part de leur crainte que les villages de minorités ethniques situés à l'amont du bassin versant coupent la forêt, ce qui engendrerait des manques d'eau pour Sai Mun durant la saison sèche. Dans chacun de ces cas de dépendances, il ressort clairement que les agriculteurs n'envisagent pas de solutions. Ces faits ou ces craintes sont perçus comme devant être subis et les agriculteurs l'expliquent en évoquant leur manque de pouvoir face aux institutions ou leur incompréhension d'autres cultures.

En définitive, les représentations identifiées montrent que si la notion de bassin versant comme espace de mobilisation de la ressource en eau est relativement claire pour les agriculteurs, elle est bien loin d'être appropriée. Le bassin versant reste un espace vague et indéfini pour les agriculteurs de l'amont et un espace mal connu, et parfois incompris pour les agriculteurs de l'aval dont ils dépendent sans pouvoir agir dessus.

Interdépendances à l'échelle des périmètres irrigués

La zone agricole de bas-fonds à l'aval du bassin versant est constituée d'un réseau de périmètres irrigués traditionnels se succédant de chaque côté du cours d'eau principal. Les agriculteurs du village de Sai Mun, situé au sein de ce réseau, ont des perceptions différentes et parfois contradictoires des interdépendances hydrologiques entre ces périmètres. C'est ainsi qu'une partie des agriculteurs enquêtés justifient l'absence de règles de partage de l'eau inter-périmètres du fait du drainage permanent des parcelles des périmètres vers le cours d'eau principal qui restitue l'eau prélevée en amont pour l'usage des autres périmètres. Pour ces agriculteurs, les périmètres sont en quelque sorte indépendants les uns des autres. D'autres, ne partagent pas ce point de vue et estiment que les périmètres amont sont favorisés car ils prélèvent l'eau de la rivière en premier. Au contraire, d'autres agriculteurs pensent que ce sont les périmètres les plus en aval qui sont favorisés car ils récupèrent toutes les eaux de drainage des périmètres irrigués en amont plus les écoulements des versants. Il n'en reste qu'à l'échelle intra-périmètre la plupart des agriculteurs, comme nous l'avons vu dans l'exemple de la figure 1, sont d'accord pour dire que les parcelles les plus en aval reçoivent toujours moins d'eau que celles de l'amont³. Dans la plupart des cas, et malgré certaines contradictions de points de vue, l'espace du réseau de périmètres irrigués apparaît comme faisant partie intégrante du territoire perçu, et ce, en raison des fortes interactions évoquées par les agriculteurs. La proximité des autres périmètres et la ressemblance de ces systèmes avec celui de Sai Mun semblent également jouer en faveur de leur intégration dans le système de représentation des agriculteurs de Sai Mun.

Nous avons commencé à évoquer l'hétérogénéité des représentations des agriculteurs qui nous semble liée dans ce cas à la complexité des processus hydrologiques en jeu dans les interactions entre périmètres. Nous allons maintenant entrevoir l'hétérogénéité des représentations sous l'angle des orientations du comportement des agriculteurs et ce, notamment, en s'appuyant sur les résultats des *playable stories*.

Orientations des représentations des agriculteurs

Comme nous l'avons évoqué lors de la description des *playable stories*, nous avons identifié des comportements d'agriculteurs orientés vers des axes différents dans notre échantillon. Certains agriculteurs sont accés vers la commercialisation et la maximisation du profit, d'autres sur la gestion de l'exploitation (choix des assolements, des pratiques culturales, des intrants) et de ses ressources naturelles (eau et sol), et d'autres vers le partenariat avec des entreprises privées et la collaboration avec les institutions locales. Par ailleurs, il est frappant de remarquer que dans le cas de Sai Mun, les orientations des représentations sont plus portées sur les systèmes de cultures, la commercialisation ou la gestion de la fertilité des sols que sur la ressource en eau et sa gestion ; et ce alors même que le village s'inscrit dans

3 Pour reprendre l'expression d'un agriculteur de Sai Mun, « c'est ceux qui sont à la fin du canal qui se font toujours avoir »

un réseau de périmètres irrigués qui, à première vue, semblerait aux yeux d'un agronome être l'un des éléments primordiaux qui dirige le fonctionnement du système. Nous avons alors confronté ces résultats à ceux des diagrammes et à notre compréhension des points de vue des agriculteurs qui s'est affinée tout au long du processus d'enquête, selon ces deux angles : hétérogénéité des orientations des représentations d'une part et la place des éléments de la ressource en eau à Sai Mun d'autre part.

Des profils d'agriculteurs hétérogènes

A l'aide des résultats des *playable stories* et des éléments et relations des diagrammes nous avons établi des profils d'agriculteurs basés sur les éléments perçus comme étant important par les agriculteurs et qui orientent leurs décisions (tableau I). Par ailleurs, il est important de rappeler que ces profils ne sont pas une vue exhaustive de l'ensemble des comportements rencontrés sur le bassin versant mais plutôt une synthèse des représentations identifiées dans notre échantillon.

Tableau I. Profils d'agriculteurs selon les éléments importants perçus pour la gestion de l'exploitation.

	Profils de Buak Jan	Profils de Sai Mun
Profil 1	Pratiques culturales et gestion du sol (fertilité et maîtrise de l'érosion)	Gestion de la fertilité du sol et pratiques culturales
Profil 2	Maximisation du profit et marché (commercialisation)	Maximisation du profit et marché (commercialisation)
Profil 3	Production et gestion de l'eau	Partenariat (culture sous contrat) et relations aux institutions (source d'informations et de conseils et soutien à la production)
Profil 4	Pratiques culturales et marché	Risque (perte de profit) et dettes

Il serait inadapté de commenter ici l'ensemble de ces profils, et ces résultats sont avant tout démonstratifs de l'hétérogénéité des perceptions qu'ont les agriculteurs de leur environnement socio-économique et naturel et de la façon dont ils réagissent à différents enjeux. Citons à titre d'exemple comment les agriculteurs de Sai Mun réagissent de manière différente à la baisse de la fertilité des sols observée depuis quelques années dans le village. Les agriculteurs orientés vers la gestion des sols perçoivent la décroissance de la fertilité des sols comme étant le résultat de l'usage intensif d'engrais chimiques associé à la production d'ail très répandue dans le village. Ces agriculteurs ont développé une réflexion sur les relations entre les engrais chimiques (ainsi que d'autres intrants), le sol et la plante. Cette réflexion basée sur leur propre expérience et sur des sources d'informations extérieures au village (conseillers agricoles, presse spécialisée...) a abouti à diverses conceptions des processus en jeu comme les bénéfices de l'apport de fumier pour le sol ou encore une certaine perception de la dépendance du pH aux nutriments du sol. Ces conceptions ne sont pas insignifiantes ; elles sont prises en considération et orientent les décisions des agriculteurs. C'est ainsi que les agriculteurs du profil 1 de Sai Mun ne cultivent pas d'ail sur une parcelle qu'ils perçoivent comme ayant un sol acide, mais préfèrent planter du soja par exemple ou utiliser du fumier. A l'inverse, les agriculteurs du profil 2 de Sai Mun réagissent à la baisse de la fertilité des sols de manière complètement différente. Ces agriculteurs perçoivent le sol comme une source de production que l'on doit gérer et sur laquelle on peut investir pour en accroître la rentabilité. Dans ce cas, l'usage d'engrais chimiques n'est pas remis en question, mais doit être complété par d'autres intrants comme des engrais « biologiques » (une entreprise vend des dérivés d'engrais chimiques sous l'appellation engrais biologiques et soutient que ces derniers sont plus respectueux de l'environnement que les engrais classiques). Les agriculteurs de ce profil n'envisageront d'arrêter la culture d'ail que lorsqu'ils considéreront que le profit n'est plus suffisant face aux coûts des intrants supplémentaires que la production nécessite.

Ainsi, cet exemple montre comment les orientations des représentations des agriculteurs influencent leurs décisions et comment différentes conceptions du système aboutissent à des choix stratégiques différents, et parfois opposés.

Absence de la gestion de l'eau dans les représentations de Sai Mun

Si dans les représentations et les profils des agriculteurs de Buak Jan nous avons pu retrouver les éléments et les choix stratégiques liés à la gestion de l'eau, ce n'est pas le cas dans les résultats des agriculteurs de Sai Mun. Il faut tout d'abord souligner que la gestion de l'eau à Buak Jan est perçue comme un enjeu du village par les agriculteurs, ce que le chef du village avait d'ailleurs mis en avant lors de la définition des thématiques à étudier dans le cadre du projet établi avec lui au début de notre recherche. A l'inverse, durant l'application de notre méthodologie en 2003, nombre d'agriculteurs de Sai Mun nous ont maintes fois répété que l'eau n'était pas un problème dans le village et que leur principale préoccupation était la baisse de la fertilité des sols. Il n'en reste pas moins que durant les *playable stories* seuls deux agriculteurs de notre échantillon ont explicitement fait référence à la gestion de l'eau et à des interactions et des décisions stratégiques associées à cette gestion. Dans les autres cas, les agriculteurs ont cité des éléments liés à la ressource en eau comme le canal et le périmètre irrigué mais non pas en tant qu'éléments pour la gestion du système mais plutôt en tant que structures existantes dans le village. De même, les relations avec ces éléments, retrouvées dans les diagrammes, indiquent des tâches comme l'irrigation ou le nettoyage des canaux plutôt que de véritables décisions. Il est notoire que la seule décision stratégique retrouvée dans la figure 1 est la mise en place de tours d'eau (*make rotation*) dans le cas où les agriculteurs devraient faire face à une sécheresse ; évènement dont l'agriculteur précise qui n'est jamais arrivé dans son périmètre.

Ainsi ces résultats semblent indiquer que l'irrigation est perçue comme un moyen ne nécessitant pas une gestion spécifique mais étant exercée de manière automatique et selon des règles de causes à effets directes et bien définies du type « avant de repiquer le riz, il faut remplir la parcelle d'eau ». L'eau fait en effet partie du système de représentations et de l'environnement perçu des agriculteurs de Sai Mun, mais elle ne serait pas un levier manipulable du système, soit parce qu'elle n'est pas un enjeu soit parce qu'il n'existe pas de liberté d'action autour de cette ressource (système collectif trop rigide ou déjà entièrement établi). Ces conclusions sont toutefois à mettre en réserve du fait que l'année climatique 2002-2003 durant laquelle nous avons mené les enquêtes était particulièrement abondante en pluies, ce qui pourrait avoir biaisé l'élicitation des perceptions des agriculteurs de la gestion de l'eau à Sai Mun.

Conclusions et perspectives de modélisation

Notre méthodologie d'élicitation basée sur les techniques de l'ingénierie des connaissances a fait ressortir et a formalisé comment les agriculteurs du bassin versant étudié se représentent les ressources du système, et notamment la ressource en eau. Au cours de cet article nous avons détaillé comment les agriculteurs de l'aval du bassin versant percevaient l'eau comme un élément secondaire alors même qu'elle est citée par les institutions gouvernementales et de nombreuses ONG comme un enjeu de première importance dans le Nord Thaïlande. Ce contraste est saisissant et pose la question du statut de l'eau pour les agriculteurs des bas-fonds irrigués. A-t-elle le statut d'une ressource primordiale, mais dont la gestion est secondaire en raison de l'automatisme des tâches à effectuer et de la simplicité des décisions à prendre à son sujet ? Ou bien serait-ce la rigidité du système de gestion collective de ces périmètres irrigués traditionnels, et ce notamment en regard du contrôle social assuré par le collectif dans la culture thaï (Patamadit et Bousquet, à paraître), qui empêche toute liberté d'action et place alors la gestion de l'eau à un plan secondaire pour l'agriculteur ?

Par ailleurs, cet article met en avant le contraste entre la vision étatique des bassins versants, axée sur la conservation de la forêt et de la ressource en eau d'une part, et les perceptions du bassin versant et du rôle de la forêt qu'ont les agriculteurs d'autre part. Dans la première partie de cet article, nous posons la question de savoir si les représentations que les usagers ont de leur système étaient en concordance avec la gestion à l'échelle du bassin versant qu'établissent les institutions gouvernementales. Le premier élément de réponse à cette question est que l'échelle du territoire des agriculteurs enquêtés n'est pas celle du bassin versant. En effet, le territoire, en tant qu'espace dans lequel se trouvent les éléments de décisions, perçu par les agriculteurs est celui du village et de ses environs immédiats. L'image que les agriculteurs ont du bassin versant correspond à celle véhiculée par le gouvernement (un réseau hydrographique entouré de forêts) mais il n'y a pas eu d'appropriation par les agriculteurs : les agriculteurs de l'amont le perçoivent comme un espace indéfini et en dehors de leurs préoccupations, tandis que les agriculteurs de l'aval le voient comme un système dont ils dépendent sans pouvoir agir

dessus. Ces perceptions et la différence de points de vue entre les agriculteurs de l'amont et de l'aval résultent en une incompréhension des actions des autres acteurs, qui est amplifiée par les différences de statut des acteurs (agriculteur – institution) et les différences culturelles (village thaï en aval – et village hmong en amont). Il apparaît également que la propagande du gouvernement sur la relation entre la forêt et l'eau dans les bassins versants est souvent reprise pour compte dans le village thaï. C'est ainsi que le message « ne coupez pas la forêt sinon la ressource en eau viendra à manquer » est ressorti lors des discussions avec les agriculteurs de Sai Mun. A l'inverse, dans le village hmong la forêt, bien que considérée comme une source d'eau à l'échelle de la parcelle (et notamment dans le cas de groupes de bambous à l'aval desquels les agriculteurs disent que l'on trouve toujours de l'eau), ne l'est pas à l'échelle du bassin versant. Par ailleurs, les agriculteurs hmongs enquêtés se défendent d'accusations de non-préservation de la forêt en prônant leur longue expérience de gestion de la forêt basée sur leur héritage culturel (les Hmongs étant un groupe ethnique ayant la plupart du temps vécu dans des environnements montagneux forestiers). C'est ainsi, que depuis deux à trois ans un groupe d'une trentaine de villages hmongs du Nord-Thaïlande organise un séminaire annuel dans l'un des villages. Ces rencontres intitulées « Savoir local des Hmongs et problèmes liés à la forêt et à la terre des villages de montagne » ont un objectif fédérateur et visent à faire connaître au gouvernement et au grand public le point de vue des populations hmongs du Nord-Thaïlande quant à la gestion des ressources naturelle⁴.

En outre, les mesures prises dans les deux derniers plans nationaux de développement économique et social, en faveur d'une plus grande participation des communautés locales dans la gestion des ressources naturelles, se sont concrétisées dans le village hmong de Buak Jan par la création d'un comité de conservation de la forêt géré par les agriculteurs (surveillance des feux de forêt et réalisation de barrière coupe-feux), et ce dans le cadre du Community Forest Bill du cabinet ministériel. Sa mise en place et son application dans le village en 2003 ont été bien acceptés par les agriculteurs que nous avons rencontrés et ces derniers semblent satisfaits de ce nouveau rôle qui leur est rétrocédé. Néanmoins, nous n'avons pas enquêté sur les motivations des agriculteurs les poussant à s'impliquer dans ce mécanisme.

Au regard de cette étude, on ne peut pas dire que les différences de points de vue et d'objectifs des acteurs déboucheront demain sur des conflits ouverts. Par contre, il est certain qu'au regard des représentations d'acteurs identifiées durant ce travail de recherche, des tensions existent entre les communautés et vis-à-vis des diverses institutions impliquées. Nous avons déjà évoqué la crainte des agriculteurs de l'aval que les villages de l'amont détruisent la forêt. De même, nous avons pu constater que le LDD pense que les agriculteurs hmongs de Buak Jan profitent de leur situation et sont plus intéressés par leurs profits agricoles que par une gestion durable du bassin versant. De leur côté, les agriculteurs de Buak Jan considèrent que le programme de recherche et de vulgarisation du LDD n'a pas été établi en concertation avec les villageois et que ce dernier ne se préoccupe pas des problèmes réels rencontrés dans le village. Cela résulte dans certains cas dans la non-appropriation par les agriculteurs des mesures anti-érosion implémentées par le LDD dans le village, et par le manque d'efforts de la part des agents du LDD pour discuter avec les villageois des améliorations possibles d'adoption de ces mesures.

Que ces tensions soient un passage obligé d'une période de transition ou qu'elles débouchent sur des conflits, notre position est que notre effort de recherche doit s'orienter vers l'accompagnement des acteurs vers la concertation et la compréhension des points de vue des autres. La construction de modèles multi-agents dédiés à la concertation semble bien adaptée à ce type d'objectif (Bousquet *et al.*, 1999). La démarche de concertation consiste à intégrer les différents points de vue dans un modèle, à montrer aux différents acteurs et au moyen de ce modèle les différences et similarités des points de vue des autres, puis à amener les acteurs à discuter ensemble de leurs différents points de vue et objectifs afin de faciliter une compréhension mutuelle et la création d'une représentation partagée (Bousquet *et al.*, 2003). Le modèle et ses simulations ont donc dans cette démarche le rôle d'un objet de médiation et non pas celui d'une représentation exacte de la réalité ou celui de prédictions (Barreteau *et al.*, 2001).

Dans cette perspective, nous travaillons actuellement sur l'intégration des représentations des agriculteurs dans un modèle multi-agents intégré de bassin versant. La composante bio-physique de celui-ci est basée sur le modèle CatchScape que nous avons développé en 2001 pour un autre bassin versant du Nord Thaïlande (Becu *et al.*, 2003b). En réponse à nos partenaires locaux du LDD avec qui

4 Un livre a été édité par ce groupe de villages sur ce sujet. Il existe une version en thaïlandais et une version en Hmong que les auteurs de cet article tiennent à disposition des personnes qui seraient intéressées.

nous envisageons d'utiliser ce modèle (en plus des autres acteurs du bassin versant), nous avons choisi le bassin versant comme échelle de représentation du modèle. Néanmoins, ce modèle devra également intégrer la multiplicité des échelles spatiales perçues par les agriculteurs. Afin de traduire l'hétérogénéité des représentations des agriculteurs, différents types d'agents basés sur les profils d'agriculteurs identifiés seront implémentés. Par ailleurs, le modèle de décision perception—délibération—exécution (Ferber, 1995) est bien adapté à l'intégration des comportements des agriculteurs dans le modèle. Ce modèle de décision relativement générique nous permet en effet de structurer les représentations élicitées. Ainsi, la perception des agents sera basée sur les indicateurs de l'état des éléments du système identifiés dans les diagrammes. Dans le cas des processus naturels, ces indicateurs seront alors reliés aux paramètres du module bio-physique du modèle. La délibération du processus de décision des agents intégrera les règles et conceptions du fonctionnement du système perçues par chacun des profils et ce à l'aide des relations entre les éléments retrouvés dans les diagrammes. Enfin, le processus de délibération implémenté dans les agents devra déboucher, en fonction de la perception de l'état du système sur différents types d'actions et différentes décisions en fonction des profils d'agriculteurs.

Bibliographie

ALFORD D., 1992. Streamflow and sediment transport from mountain watersheds of the Chao Phraya Basin, northern Thailand: a reconnaissance study. *Mountain Research and Development*, 12 (3): 237-268.

BARRETEAU O., 2003. The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 6 (2).

BARRETEAU O., BOUSQUET F., ATTONATY J.M., 2001. Role-playing games for opening the black box of multi-agent systems: method and lessons of its application to Senegal River Valley irrigated systems. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 4 (2).

BECU N., BOUSQUET F., BARRETEAU O., PEREZ P., WALKER A., 2003A. A methodology for eliciting and modelling stakeholders' representations with agent-based modelling. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 2927 : 131-148.

BECU N., PEREZ P., WALKER A., BARRETEAU O., LE PAGE C., 2003B. Agent-based simulation of a small catchment water management in northern Thailand: Description of the CATCHSCAPE model. *Ecological Modelling*, 170 : 319-331.

BOUSQUET F., BARRETEAU O., LE PAGE C., MULLON C., WEBER J., 1999. An environmental modelling approach : the use of multi-agent simulations. *In Advances in environmental modelling*, Blasco F. and Weill A. (eds). Elsevier. p. 113-122.

BOUSQUET F., BARRETEAU O., D'AQUINO P., ETIENNE M., BOISSAU S., AUBERT S., LE PAGE C., BABIN D., CASTELLA J.C., 2003. Multi-agent systems and role games : Collective learning processes for ecosystem management. *In Complexity and ecosystem management: The theory and practice of multi-agent approaches*, Janssen M. (ed.). Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA. Edward Elgar Publishers, p. 248-285.

CHUSAK W., DEARDEN P., 1999. Decision-making arrangements in community-based watershed management in northern Thailand. *Society and Natural Resources*, 12 : 673-691.

EHRET B.D., GRAY W.D., KIRSCHENBAUM S.S., 2000. Contending with complexity: developing and using a scaled world in applied cognitive research. *Human Factors*, 42 (1) : 8-23.

FERBER J., 1995. *Les Systèmes Multi-Agents : Vers une intelligence collective*. Paris, France, InterEditions, 522 p.

FORSYTH T., 1996. Science, myth and knowledge: testing Himalayan environmental degradation in northern Thailand. *Geoforum*, 27 (3) : 375-392.

GAINES B.R., SHAW M.L.G., 1993. Eliciting knowledge and transferring it effectively to a knowledge-based system. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 5 (1): 4-14.

- GRADY B., JAMES R., IVAR J., 1998. The Unified Modeling Language User Guide. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 482 p.
- GRAY W.D., KIRSCHENBAUM S.S., 2000. Analyzing a novel expertise: an unmarked road. *In Cognitive task analysis*, Schraagen J.M.C., Chipman S.F., Shalin V.L. (eds). Mahwah, N.J., Erlbaum, p. 275-290.
- IVES J.D. MESSERLI B., 1989. The Himalayan dilemma: reconciling development and conservation. London, Routledge, 324 p.
- KANWANICH S., 1997. Agricultural war - the case of the drying rivers. Bangkok Post, 20 July 1997.
- LUKOSE D., KREMER R., 1996. Knowledge Engineering, Part A: knowledge representation. UNE, Armidale, Australia.
- MENZIES T.J., 1996. Assessing responses to situated cognition. Proceedings of the 10th Knowledge Acquisition Workshop for Knowledge-Based Systems. Banff, Canada, 21 September 1996.
- MINGSARN KAOSA-ARD, 2000. Ecosystem Management in Northern Thailand. Center for Sustainable Development Studies. Faculty of Economics, Chiang Mai University. Occasional Paper no, 2.
- MISSINGHAM B., 2000. Participatory development in Thailand: a review of some relevant literature. Integrated Catchment Assessment and Management Centre, Canberra, Australian National University.
- NEWELL A., 1982. The knowledge level. *Artificial Intelligence*, 18 : 87-127.
- NIPON T., 1994. The hydrological roles of forests in Thailand. *TDR Quarterly Review*, 9 (3) : 27-32.
- PATAMDAIT I., BOUSQUET F. Cultural aspects of learning processes: implications for the companion modeling approach. *In Companion Modeling, Role-Playing Games and Multi-Agent Systems for Integrated Natural Resource Management in Southeast Asia*, Bousquet F., Trebil G. Hardy, B. (eds).
- VINCENT J.R., MINGSARN KAOSA-ARD, LAXMI W., ERIC Y.A., NIPON T., ARNEL B.R., 1995. The Economics of Watershed Management: A Case Study of Mae Tang. Natural Resources and Environment Program, The Thailand Development Research Institute and Harvard Institute for International Development, Bangkok.
- WALKER A., 2003. Agricultural Transformation and the Politics of Hydrology in Northern Thailand. *Development and Change*, 34 (5) : 941-964.
- WARANOOT T., BENGTSOON B.E., 1996. A conflict over natural resources between highland and lowland populations in Thailand. *In Tropical Rainforest Research - Current Issues*, Edwards D.S., Booth W.E., Choy S.C. (eds). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 513-522.