

**INTERACTIONS ENTRE ÉLEVAGE BOVIN ET REFORESTATION DANS LE
SOCIO-ÉCOSYSTÈME DES HAUTES TERRES DE LA PROVINCE DE NAN
AU NORD DE LA THAÏLANDE : UN PROCESSUS DE MODELISATION
D'ACCOMPAGNEMENT POUR AMÉLIORER LA GESTION DU PAYSAGE**

**Interactions between cattle raising and reforestation
in the highland socio-ecosystem of Nan Province, northern Thailand:
A companion modelling process to improve landscape management**

Pongchai Dumrongrojwatthana

Résumé de la thèse

La thèse porte sur l'analyse diagnostic des transformations récentes d'un système agraire de petite montagne au nord de la Thaïlande, affecté par plusieurs décennies de déforestation et de dégradation du couvert forestier, pour la conception et la mise en œuvre d'un processus de modélisation d'accompagnement (ComMod pour « companion modelling ») utilisé par l'auteur pour la médiation d'un conflit d'usage des terres entre éleveurs Hmong et forestiers dans les hautes terres de la province de Nan. Au-delà de la compréhension des dynamiques écologiques et sociales à l'œuvre à différentes échelles, cette recherche a notamment produit plusieurs types de modèles représentant les interactions entre l'élevage bovin extensif paysan et les activités gouvernementales de

protection du couvert forestier (installation d'une nouvelle aire protégée) et de reforestation d'un haut de bassin versant stratégique dominant l'important réservoir du barrage Sirikit construit en aval sur la rivière de Nan. Les premiers modèles produits furent utilisés afin de faciliter le dialogue, l'échange de connaissances et de points de vue, l'apprentissage collectif, ainsi que la négociation entre éleveurs Hmongs et fonctionnaires forestiers. Mais le simulateur multi-agents construit durant la phase finale de la thèse permet lui d'explorer différents scénarios futurs possibles et prépare la diffusion de cette approche auprès d'autres communautés faisant face à ce type de conflit d'usage des terres, ainsi que l'usage des résultats de cette recherche dans l'enseignement universitaire.

La thèse est organisée de la façon suivante : un chapitre introductif (rédigé selon la structure recommandée par l'Université Chulalongkorn de co-tutelle) justifie la recherche entreprise, cadre les enjeux liés au sujet traité et explicite le besoin de démarches participatives innovantes pour l'amélioration de la communication entre acteurs et la prise de décision collective en milieu rural thaï. Il justifie aussi le choix de la démarche de recherche, reposant sur le recours à la modélisation d'accompagnement pour la médiation du conflit d'usage des terres, et pose enfin les questions de recherche traitées, les hypothèses initiales qui leur sont liées, le cadre conceptuel du processus de recherche mené et le choix du terrain retenu. Cette introduction s'achève par la présentation du plan de la thèse. Ce chapitre est suivi de trois parties, composées respectivement de trois, quatre et trois chapitres chacune, qui restituent les résultats obtenus par l'analyse-diagnostic multi-échelles de la dynamique du système agraire du village de Doi Tiew dans le district de Tha Wang Pha, la conduite d'un processus de

modélisation d'accompagnement en trois séquences successives et enfin la construction d'un simulateur autonome multi-agents intégrant les connaissances acquises sur les interactions entre l'élevage bovin et la régénération forestière sur ce terroir. Le document s'achève par un chapitre conclusif, présentant les perspectives de poursuite de la recherche entreprise ainsi que sa valorisation dans l'enseignement universitaire et la formation, suivi de la liste des ressources bibliographiques mobilisées ainsi que de sept annexes.

L'énoncé de la question de recherche générale figurant dans le chapitre introductif est le suivant : est-il possible d'améliorer la compréhension mutuelle des acteurs en conflit, ainsi que l'échange de connaissances (empiriques, techniques, scientifiques) et de perceptions entre eux au moyen de la co-construction d'une représentation partagée du système à gérer avec les parties prenantes concernées par le conflit d'usage des terres opposant éleveurs et forestiers ? Trois questions plus spécifiques sont aussi énoncées :

1. Quels sont les effets de l'établissement d'unités de reboisement et d'un nouveau parc national sur la dynamique du système agricole local ?
2. Quels sont les processus par lesquels le pâturage des bovins en interaction avec les activités de reboisement affecte la dynamique d'accumulation de biomasse aérienne et la reconstitution d'un couvert forestier dans le paysage? Quelles sont l'étendue et la rapidité de leur impact ?
3. Est-ce que la conduite d'un processus de modélisation d'accompagnement est en mesure d'assurer la médiation du conflit entre éleveurs et forestiers pour

l'usage des terres en ayant recours à la modélisation collaborative et des outils de simulation des dynamiques à l'œuvre afin :

- a. D'échanger des connaissances et d'en découvrir de nouvelles, particulièrement à propos des interactions entre le pâturage des troupeaux de bovins et la gestion forestière,
- b. D'explorer de possibles scénarios du futur capables d'accommoder les besoins de chacune des parties en conflit.

Sur la base de ces questions de recherche, les trois hypothèses initiales énoncées sont les suivantes :

1. Les effets négatifs sur le système agraire local de la gestion forestière passée mise en œuvre par les agences gouvernementales, unités de reboisement et nouveau parc national, sont à l'origine du conflit d'usage des terres actuel entre les villageois et les représentants de ces agences, ainsi que de l'accélération de la dégradation forestière sur ce terroir.
2. Le pâturage des bovins a un effet positif sur la régénération forestière au moyen de ses effets positifs sur l'accélération de l'accumulation de biomasse aérienne ligneuse.
3. La construction d'une représentation partagée et dynamique de l'interaction entre l'accumulation de biomasse aérienne et le pâturage des bovins avec les principaux acteurs concernés est à même d'améliorer la communication, l'apprentissage collectif, l'échange de perceptions sur le problème à résoudre, ainsi que la confiance mutuelle entre les parties prenantes. L'usage d'un tel

modèle partagé pour l'exploration collective de scénarios pour la gestion de l'espace dans le futur permet de faire émerger une action coordonnée entre les principales parties prenantes du conflit, les éleveurs et les forestiers.

Les deux objectifs généraux et complémentaires de la recherche visent donc à mieux comprendre les interactions entre les pratiques d'élevage bovin et de reboisement d'une part, et d'utiliser ces connaissances afin d'améliorer la communication et la capacité de gestion collective et adaptative du terroir par les acteurs locaux.

Le cadre conceptuel du processus de recherche présenté en introduction articule :

1. Une série d'activités complémentaires de diagnostic préliminaires sur le socio-écosystème du terroir de Doi Tiew conduit à l'échelle du paysage (dynamique d'utilisation des terres des quatre dernières décennies), des exploitations agricoles Hmong locales (différentiation socio-économique et diversité des pratiques entre les principales catégories de ménages agricoles) et de la parcelle cultivée ou reboisée (dynamiques des états de la végétation sous l'influence de l'activité humaine).
2. Trois cycles d'activités de modélisation collaborative évolutive (objectifs différents, outils de modélisation adaptés, etc.).
3. L'intégration des connaissances acquises dans un simulateur multi-agent autonome utilisé (au laboratoire seulement à ce stade) pour simuler les scénarios d'usage des terres du futur identifiés par les acteurs de terrain.

Les produits attendus de cette recherche ont trait à la fois à :

1. L'innovation méthodologique (au moyen d'une démarche et d'outils originaux de modélisation participative) et la production de connaissances à l'interface entre dynamiques écologiques végétales et pratiques agricoles et forestières en milieu montagnard sub-tropical.

2. La production d'une famille de modèles adaptés à la simulation de scénarios répondant à différents besoins des acteurs du terrain au fil du processus de modélisation participative.

3. Des effets bénéfiques sur les participants de ce processus en terme de prise de conscience du problème de gestion des ressources renouvelables traité, de leur interdépendance et de l'urgence du changement de leurs pratiques, de l'accroissement de leur dialogue et confiance mutuelle conduisant à une meilleure capacité individuelle et collective à l'anticipation et l'adaptation au changement.

La première partie de la thèse restitue les résultats des différentes activités d'analyse-diagnostic du socio-écosystème concerné conduites à différentes échelles. Elle décrit les différentes facettes pertinentes du contexte de ce cas d'étude à partir d'une revue de la littérature existante sur la déforestation et l'évolution de la gestion forestière en Thaïlande (chapitre 2), ainsi que de résultats d'analyses spatiales et enquêtes de terrain complémentaires portant sur les changements récents de l'utilisation des terres en lien avec les transformations rapides du système agraire local et la

différentiation socio-économique de ses exploitations agricoles illustrée au moyen d'une typologie des différentes catégories d'éleveurs en présence (chapitre 3). Le chapitre 4 clôturant cette partie porte sur l'enquête agro-écologique menée afin de comprendre les effets du pâturage bovin et des activités de reforestation sur la régénération du couvert forestier local. Ainsi les spécificités des conditions géographiques régionales et leur évolution récente sont analysées à plusieurs échelles complémentaires (sous-bassin versant, finage villageois, exploitations agricoles et parcelles cultivées ou plantations forestières) et sont mobilisées pour justifier la démarche de recherche choisie afin de contribuer à l'amélioration du dialogue entre les forestiers et les éleveurs en conflit.

La deuxième partie s'intéresse à la méthodologie de recherche employée, la modélisation d'accompagnement. Elle est tout d'abord replacée dans le contexte des différents types de démarches utilisées en modélisation participative appliquée à la compréhension et la représentation de systèmes complexes au comportement non linéaire et imprévisible (chapitre 5). L'accent est aussi mis sur les techniques variées de visualisation et des spatialisations des phénomènes spatiaux à l'échelle des paysages représentés lors de l'application de telles démarches au moyen de la comparaison de cinq études de cas contrastées. La démarche de modélisation d'accompagnement (ComMod) mobilisée dans ce travail est ensuite décrite et sa mise en œuvre concrète au moyen de trois séquences successives dans l'étude de cas du village de Doi Tiew est rapidement présentée. La démarche ComMod est utilisée ici pour faciliter la communication, l'échange de points de vue et le partage des connaissances d'origine et de nature variées (autochtones et empiriques, techniques et académiques,

institutionnelles, etc.) entre chercheurs et différents types de forestiers et d'éleveurs au cours d'un processus très interactif portant sur la compréhension et la représentation des interactions entre le pâturage bovin et l'évolution du couvert végétal. Itérative et évolutive, elle favorise le partage de connaissances au fil d'une recherche-action interdisciplinaire visant à renforcer les capacités d'adaptation et d'anticipation des acteurs concernés par le conflit local d'usage des terres.

Le processus de modélisation collaborative proprement dit a été conduit au moyen d'activités variées au cours de trois séquences successives, la seconde et la troisième tenant compte des enseignements tirés des précédentes. Le principal outil de simulation utilisé lors de ces trois séquences était un jeu de rôles assisté par ordinateur, ce dernier assurant notamment le rafraîchissement du paysage virtuel géré par les éleveurs et forestiers à la fin de chaque année agricole jouée. Les versions successives ont préparé la construction d'un simulateur multi-agent autonome utilisé lors de la phase finale de la thèse pour la simulation au laboratoire de scénarios reposant sur différentes stratégies de gestion des terres et des troupeaux bovins identifiés par les acteurs sur le terrain.

La première séquence du processus de modélisation collaborative, qui est l'objet du chapitre 6 de la thèse, avait pour objectif de faciliter la communication entre éleveurs, forestiers et l'équipe de recherche afin de co-construire ensemble une représentation partagée de la régénération forestière affectée par les pratiques d'élevage bovin. Cette séquence comprenait quatre activités principales :

- La définition avec les acteurs locaux des états de végétation pertinents à représenter dans le modèle, ainsi que la dynamique des états de végétation dans les conditions

naturelles ou sous l'effet des actions des éleveurs. Ceci fut réalisé au moyen d'activités de sensibilisation à la modélisation collaborative exécutées avec les éleveurs et les forestiers pris séparément. Lors de ces séances, il leur était demandé de reconstituer une succession d'états de la végétation à partir d'une situation initiale et en fonction des activités humaines appliquées au moyen de la manipulation de pictogrammes représentant les différentes catégories de couvertures végétales rencontrées localement. Le jeu initial de pictogrammes provenait des résultats de l'enquête sur les dynamiques de la végétation locale réalisée par l'auteur (et présentée au chapitre 4). Les acteurs locaux avaient la possibilité d'en ajouter si des états jugés importants pour leur prise de décision n'y figuraient pas et c'est ainsi que les forestiers demandèrent l'ajout d'un nouveau type de jachère à *Chromolaena* et *Imperata*. Peu à peu, les acteurs étaient amenés à relier ces états de végétation entre eux de façon à construire un diagramme de transition des états de végétation. A partir de la proposition du chercheur, deux diagrammes furent élaborés avec les éleveurs et les forestiers qui précisaient la durée en années de la transition d'un état vers un autre. Les diagrammes étant peu différents, une version fusionnée de ces diagrammes fut préparée par le chercheur et utilisée pour la construction du module sur les dynamiques écologiques du modèle conceptuel devant servir de base à la construction d'une première version du jeu de rôles assisté par ordinateur utilisé comme outil de simulation avec les acteurs de terrain lors d'ateliers de modélisation collaborative successifs. Le premier était destiné à s'accorder sur la représentation des interactions entre reboisement et pâturage bovin tout en améliorant la communication (initialement inexistante) entre éleveurs et forestiers.

- La construction d'une première version du jeu de rôles assisté par ordinateur est décrite de façon détaillée au moyen du protocole standard ODD (pour « Overview-Design concepts-Details) de description de modèles multi-agents. La structure du modèle est présentée sous la forme d'un diagramme de classes UML (« Unified Modeling Language »), tandis que les décisions prises et actions exécutées par chacune des entités du modèle au cours d'une simulation sont présentées dans un diagramme de séquence également en langage UML. Les règles et paramètres utilisés pour construire le module représentant la dynamique de l'élevage bovin dans le modèle sont largement issus des résultats des enquêtes d'exploitations agricoles réalisées lors du diagnostic préliminaire. Le paysage virtuel qui constitue l'interface spatiale du simulateur a été conçu à partir de la carte d'utilisation des terres du terroir de Doi Tiew pour l'année 2003. Un transect nord-sud comprenant toutes les principales classes de couverture végétale le long d'un gradient allant de la forêt dense au nord au terroir largement cultivé du sud fut sélectionné. La distribution des types de végétation fut simplifiée afin de permettre la représentation de ce gradient dans une grille au moyen des pictogrammes des différents types de végétation utilisés pour la construction du diagramme de transition mentionné ci-dessus. Il fut aussi décidé de rendre le paysage virtuel symétrique de part et d'autre d'un cours d'eau coulant du nord au sud de façon à pouvoir visualiser de façon comparative les résultats de la gestion de ce paysage obtenus par deux groupes de joueurs ayant sélectionné des stratégies différentes. Cette visualisation des résultats de simulation était destinée à stimuler leur analyse et commentaire lors des séances de débriefing faisant suite aux sessions de jeu au cours des ateliers de terrain. Ce type d'outil de simulation a été choisi afin de faciliter le partage de connaissances et de points de vue tout en permettant le co-apprentissage tout

au long du processus s'étalant sur plusieurs séquences, ainsi que pour servir de support à la négociation entre les deux parties en conflit. La partie informatique du jeu, codée au moyen de la plateforme de simulation CORMAS (« Common pool Resources and Multi-Agent Systems ») du CIRAD a été jugée indispensable afin d'accélérer la production du paysage virtuel actualisé à la fin de chaque tour de jeu et de permettre ainsi aux joueurs de simuler les scénarios joués de façon continue sans trop attendre entre deux années successives. Il ne s'agissait pas là d'une « boîte noire » pour les joueurs puisque l'ordinateur utilise pour ce faire le diagramme de transition des états de végétation préalablement réalisé avec eux. Avant d'être soumis aux acteurs de terrain lors d'un premier atelier de terrain, cet outil de simulation fut testé avec des étudiants de l'Université Chulalongkorn à Bangkok et son calibrage affiné.

- Un premier atelier de deux jours reposant sur trois sessions du jeu de rôles assisté par ordinateur fut organisé d'abord à l'école du village de Doi Tiew avec les éleveurs le premier jour, puis le lendemain avec un sous-groupe d'éleveurs volontaires et les forestiers du Département royal des forêts en terrain « neutre » au bureau de l'administration du district à Tha Wang Pha. Le premier jour visait à mettre les éleveurs en confiance dans le maniement de l'outil de simulation malgré le bas niveau d'éducation formelle reçu par la majorité d'entre eux. Il leur fut demandé de valider le diagramme de transition des états de végétation utilisé par l'ordinateur pour actualiser le paysage virtuel après chaque année simulée. Les dernières modifications demandées le matin furent intégrées dans la version modifiée du modèle utilisée lors de la session de l'après-midi au cours de laquelle les éleveurs – joueurs simulèrent le pâturage de leurs troupeaux en l'absence de parcelles de reboisement gérées par les forestiers durant

quatre tours de jeux. La plupart des éleveurs étaient en mesure de suivre les règles du jeu, de comprendre ses composantes et l'évolution des états de la végétation, prenant correctement leurs décisions d'éleveurs en conséquence. Certains d'entre eux saisissant même l'opportunité de tester certaines pratiques nouvelles comme la gestion de troupeaux plus importants qu'en réalité, l'agrandissement des paddocks afin de disposer de plus de fourrage ou la vente d'animaux quand leur alimentation devenait limitée, ou encore la gestion collective des troupeaux individuels pâturant le même paddock. Puis l'intégration de parcelles de reboisement gérées par les forestiers fut introduite dans une dernière session de jeu en fin d'après-midi afin de préparer les éleveurs aux sessions du lendemain avec les forestiers. Lors de cette session de jeu, certains éleveurs décidèrent de défricher des parcelles en forêt malgré l'interdiction en vigueur en affirmant leurs droits sur ces terres antérieurs à l'arrivée des agences gouvernementales de gestion de la forêt.

Le manque de confiance initial dans les forestiers fit que la moitié seulement des éleveurs acceptèrent de participer aux activités du second jour. Le matin, les représentants des deux groupes d'éleveurs présentèrent aux forestiers le déroulement de la simulation du dernier scénario joué la veille. Puis l'outil de simulation fut présenté aux forestiers au moyen d'un scénario simulant le reboisement du paysage en l'absence de pâturage des troupeaux de bovins. Ils étaient alors prêts à jouer une session de jeu avec les éleveurs dans laquelle ils devaient accéder durant quatre années successives à de nouvelles parcelles à reboiser adjacentes aux précédentes tandis que les éleveurs faisaient pâturer leurs troupeaux dans les jachères herbacées. En fin de partie, les forestiers durent négocier avec les éleveurs pour trouver des parcelles à reboiser et

autorisèrent le pâturage bovin dans leurs plantations âgées de plus de cinq ans. Les deux groupes d'éleveurs adoptèrent des tailles de troupeaux très différentes, ce qui permit de discuter les effets de ces choix lors de la séance de débriefing en fin de partie, mais aucun éleveur ne défricha de nouvelle parcelle en forêt comme certains l'avaient fait la veille en l'absence des forestiers. Un dialogue s'instaura entre éleveurs et forestiers, les premiers réaffirmant les effets positifs du pâturage des bovins sur la régénération de la forêt sur la base des résultats de la partie jouée, mais s'inquiétant aussi du devenir de cette activité économique localement importante lorsque la plupart du paysage sera à nouveau boisé. Mais les deux parties étaient d'accord sur la représentation de la dynamique d'usage des terres proposée par le simulateur. Au terme de la discussion, ils demandèrent aux chercheurs de modifier le simulateur afin de permettre de tester l'introduction de pâturages artificiels de *Bracharia ruziziensis* dans le paysage simulé ainsi que leur rotation. Les forestiers demandèrent aussi que le parc national puissent participer à l'atelier suivant, tandis que les éleveurs, toujours méfiants vis-à-vis des forestiers, exigèrent la présence d'administrateurs ainsi que du technicien zootechnicien vulgarisateur du bureau du district. A la suite de ce premier atelier de modélisation et simulation collaborative, ses résultats furent présentés par les éleveurs –joueurs à l'ensemble des maisonnées lors d'une réunion mensuelle du village, tandis que les chercheurs faisaient de même auprès du projet royal voisin faisant face à des conflits similaires, ainsi qu'auprès des rangers du parc national et des administrateurs du district devant rejoindre le processus lors de l'atelier suivant. Au terme de cette première séquence, les acteurs de terrain disposaient d'une meilleure compréhension du fonctionnement de leur agro-écosystème grâce à l'échange intensif de connaissances et de perceptions à son sujet au cours des sessions de simulation successives. Ils avaient

aussi mieux pris conscience de l'interdépendance entre éleveurs et forestiers pour la gestion du paysage et avaient établi une communication sérieuse entre eux reposant sur une amélioration (encore insuffisante) de la confiance entre les deux parties en conflit. Cette séquence avait aussi démontré la pertinence de l'outil jeu de rôles assisté par ordinateur pour atteindre l'objectif fixé.

Suite à la modification du simulateur afin de satisfaire la demande des acteurs de terrain exprimée au terme de la première séquence ComMod du processus, une seconde séquence d'activités ComMod décrite dans le chapitre 7 eut lieu avec cette fois pour objectif de faciliter l'émergence d'un accord sur la définition d'un plan d'action commun entre éleveurs et forestiers. La version définitive du diagramme de transition entre les états de végétation fut obtenue en intégrant les connaissances empiriques, techniques et scientifiques des éleveurs, forestiers et chercheurs partagées au cours de la première séquence. Un nouvel état de végétation, la prairie artificielle de *Bracharia ruziziensis* fut ajoutée aux autres pictogrammes afin de permettre de simuler l'introduction de cette innovation technique dans le système d'élevage bovin local. Les effets des feux de brousse communs sur certains types de végétation furent aussi introduits dans le diagramme de transition. La taille de la cellule élémentaire du paysage virtuel fut aussi diminuée afin d'ajuster le jeu pour 6 éleveurs représentant les trois grands types d'exploitations agricoles pratiquant l'élevage bovin (et non dix ou douze comme auparavant) afin d'accroître la qualité des discussions entre les participants et de satisfaire une autre demande émise par les forestiers. La limite du parc national fut aussi clairement délimitée sur le paysage virtuel (et tout bovin pâture dans le parc entraînait maintenant la punition de son propriétaire), ainsi que plusieurs

parcelles reboisées d'âges différents comme demandé par les forestiers. Afin de gagner du temps dans les sessions de jeu, et maintenant que cette version simulait sur un pas de temps saisonnier (saisons sèche et humide) et non plus annuel, certaines fonctions auparavant manuelles (comme par exemple l'actualisation de la taille des troupeaux ou la fourniture aux éleveurs de l'état des animaux à la fin de chaque tour de jeu) sont gérées automatiquement par l'ordinateur dans cette seconde version du simulateur maintenant que les utilisateurs savent et ont accepté la façon de le réaliser. Cette nouvelle version du simulateur assisté par ordinateur fut testée avec un groupe de forestiers et de rangers du parc national devant participer au second atelier afin de les initier à l'utilisation de ce type d'outil au moyen de la simulation de quelques scénarios simples les conduisant à gérer leurs troupeaux individuellement ou collectivement. Leur manque de connaissances empiriques en matière d'élevage bovin était explicite dans les choix effectués et les résultats de leurs actions (par exemple en choisissant un nombre disproportionné d'animaux sur une surface fourragère limitée ne pouvant satisfaire leurs besoins alimentaires). Suite aux recommandations des participants du premier atelier, une plus grande diversité d'acteurs locaux furent invités à prendre part aux activités de cette deuxième séquence, notamment les rangers du parc national et le technicien de la vulgarisation de l'élevage du district.

Le second atelier eu lieu en mars 2009, durant la saison sèche quand les villageois ne sont pas trop occupés. Les sessions de simulations programmées visaient à observer le mode de prise de décision des éleveurs lorsqu'ils avaient recours aux innovations techniques introduites dans le jeu de rôles assisté par ordinateur, i.e. les pâturages artificiels et la rotation des troupeaux). Le second objectif était de faciliter les

échanges entre les deux parties en conflit afin d'aller vers la définition d'un plan d'action commun concret. Enfin il s'agissait aussi de noter les souhaits des participants en vue de la suite du processus. En matinée, les 5 éleveurs, 2 forestiers, 3 rangers du parc et le technicien de l'élevage (en tant qu'observateur) simulèrent durant trois tours de jeu un premier scénario dans lequel les éleveurs géraient leurs troupeaux individuellement, leur ordre de jeu étant déterminé par le facilitateur de la partie. L'après-midi, une nouvelle session de jeu simula une gestion collective des troupeaux de bovins durant quatre tours de jeu. Dans chacune des sessions, la nouvelle version du simulateur utilisée renseignait les joueurs sur les indicateurs retenus à la fin de chaque tour de jeu : état de la couverture végétale (indicateur écologique) et statut des animaux (nombre et état d'engraissement comme indicateurs économiques). Durant les sessions de jeu, il fut observé que les jachères à *Chromolaena* étaient l'état de végétation préféré des éleveurs en vue de convertir ces celles en pâturage artificiel à *Bracharia ruziziensis*. De plus, en comparant les résultats de la simulation de scénarios avec gestion individuelle ou collective des troupeaux, les participants observèrent que le mode de gestion collective permettait de plus grandes superficies en « ruzi ». Durant le débriefing qui suivit, éleveurs et forestiers se mirent d'accord pour exécuter ensemble une expérimentation en vraie grandeur sur le pâturage artificiel à *Bracharia ruziziensis*. Les forestiers proposèrent un terrain de 10 hectares pour cela et de construire la clôture, le bureau de l'élevage du district fournirait les semences fourragères, tandis que deux éleveurs proposaient leurs animaux pour conduire cet essai. Les éleveurs prirent le technicien de l'élevage à témoin des engagements des forestiers et demandèrent aux chercheurs de poursuivre la facilitation du processus de co-management des terres à la frontière entre écosystème forestier et terroir agricole. Au terme de cette seconde

séquence du processus, ils demandèrent à ce que plus d'élèveurs du village puissent participer à ces activités d'apprentissage individuel et collectif afin qu'eux aussi puissent comprendre la nécessité du changement des pratiques d'élevage, les anciens joueurs expérimentés se faisant fort de former les nouveaux venus. Certains éleveurs, voyant que cette activité économique serait de plus en plus contrainte dans le futur avec la progression du couvert arboré, souhaitèrent aussi que les activités de production végétale (notamment celle du riz pluvial pour l'autoconsommation familiale) soient mieux représentées sur le paysage virtuel utilisé lors des simulations.

Une troisième et dernière séquence fut donc conduite afin de satisfaire ces nouvelles demandes de la part des villageois et est décrite au chapitre 8. Le jeu de rôles assisté par ordinateur fut à nouveau modifié afin de le rendre plus autonome pour permettre des simulations plus rapides commentées par les éleveurs entraînés devant les nouveaux participants. Une décision supplémentaire à prendre par les joueurs et ayant trait à la sélection des champs pour la production de riz pluvial fut introduite. Cette troisième version du simulateur visait aussi à initier les éleveurs à l'usage d'un simulateur informatique pour l'exploration de scénarios. A nouveau, l'intérêt des éleveurs pour les scénarios reposant sur une gestion collective des troupeaux bovins fut patent, tandis qu'un zonage et une rotation de la production de riz pluvial dans le paysage virtuel se dessina au fil des tours de jeu. Un tableau de bord de l'ensemble des activités conduites depuis le début du processus a permis de visualiser le nombre et l'intensité des échanges entre participants sous la forme de diagrammes de réseaux sociaux. Leur forme a beaucoup évolué d'une séquence à la suivante, mais la part prise par les échanges entre éleveurs a été grandissante. Lors du débriefing, les éleveurs

dirent leur préférence pour cette toute dernière version du simulateur comparée aux précédentes car elle leur permettait de disposer de plus de temps pour échanger leurs perceptions des dynamiques visualisées et commenter les résultats de simulation affichés.

Avec le chapitre 9, la troisième partie de la thèse débute par la description du simulateur informatique autonome, construit sur la base des connaissances acquises durant les trois séquences précédentes décrites ci-dessus, au moyen des formalismes du protocole ODD pour la description de modèles multi-agents et du langage « Unified Modelling Language » (UML) utilisé pour présenter des diagrammes de classes et séquentiel complets de ce modèle individu centré final. Les modalités utilisées pour sa vérification suivent avant la définition de cinq différents scénarios simulés au laboratoire (et non pas avec les acteurs sur le terrain par manque de temps en fin d'études doctorales). Quatre sont issus des propositions des parties prenantes du terrain et croisent le mode de communication entre éleveurs et de gestion des troupeaux (individuel ou collectif) avec l'absence ou l'adoption d'une innovation technique : le pâturage artificiel à *Bracharia ruziziensis*. Un dernier scénario a émergé de l'observation des simulations des précédents et est basé sur une gestion collective des troupeaux avec pâturage artificiel mais en ayant recours à de petits paddocks. Il permettrait d'engraisser les troupeaux mais ralentirait la régénération forestière. Chaque scénario simulé donne naissance à des graphiques portant sur les indicateurs écologiques (composition du paysage végétal entre ligneux, couverts herbacés de différents types, cultures, etc.) et économiques (taille des troupeaux et qualité des carcasses des bovins) clefs retenus pour l'analyse des résultats de simulations. Les

résultats des simulations exploratoires réalisées sont présentés et discutés afin d'identifier les scénarios les plus prometteurs pouvant intéresser les acteurs de terrain lors de futures sessions de simulations participatives au village qui seront organisées à la suite de ce travail de thèse. Ce chapitre 9 s'achève sur de nouvelles propositions afin d'améliorer ce simulateur ainsi que sur la façon de l'utiliser avec les acteurs sur le terrain, notamment en vue de toucher plus d'éleveurs qu'avec les versions précédentes, sur le site du village de Doi Tiew, mais aussi aux alentours là où des conflits d'usage des terres similaires existent.

Le chapitre 10 offre une discussion générale à propos de la recherche conduite. Tout d'abord l'importance de la série d'activités interdisciplinaires et multi-échelles de l'analyse diagnostic initiale pour la compréhension du système local et notamment des principales dynamiques écologiques et sociales liées à la question à traiter. Les connaissances acquises sur le système à gérer sont aussi précieuses afin de penser et de préparer le processus de modélisation collaborative, en particulier la sélection de la première arène initiale de participants. Puis l'évolution des outils de jeu et de simulation au cours du processus est analysée afin d'illustrer leur caractère adaptatif, notamment vis-à-vis des besoins des acteurs de terrain, et leur nécessaire grande flexibilité afin de pouvoir être rapidement adaptés aux décisions prises par les utilisateurs quant à la poursuite des activités de simulation participative au cours d'un processus ComMod. La discussion souligne leur contribution efficace à l'amélioration de la communication et de la confiance entre les deux principales parties en conflit. Le fait qu'ils aient pu être rapidement maîtrisés par des utilisateurs n'ayant guère reçu d'éducation formelle est aussi souligné. Et ce, alors que l'interface principale demeurait abstraite au fil des

versions successives. Parmi les limitations de la démarche utilisée et de ses outils, le rôle clef joué par le facilitateur d'un tel processus est décrit, ainsi que l'importance de la formation d'un animateur local remplaçant le chercheur le plus rapidement possible. Le besoin de connaissances sophistiquées en programmation informatique afin de maîtriser la plateforme de simulation CORMAS est aussi décrit comme un obstacle au déroulement rapide des activités. Une analyse fine de la dynamique de la participation au processus par les acteurs de terrain est ensuite proposée et illustrée au moyen de figures montrant leur hétérogénéité, nombre et leur degré de participation au processus. Enfin les principaux effets des activités de modélisation et de simulation collaborative sur les individus et le collectif sont décrits. Ils ont surtout trait à l'apprentissage et l'acquisition de connaissances, les changements de perceptions. Ainsi que la prise de conscience des conséquences du problème traité et de la forte interdépendance entre les différents acteurs en conflit en vue de la définition de solutions acceptables par les deux parties. Enfin l'amélioration de la confiance mutuelle entre éleveurs et forestiers est soulignée maintenant qu'ils sont entraînés vers la réalisation d'une expérimentation commune en vraie grandeur.

Le chapitre 11 final revient sur les principaux résultats obtenus au cours de cette recherche et souligne les caractéristiques clefs de flexibilité et d'adaptation de la démarche ComMod et le statut particulier de ses outils de modélisation et de simulation visant principalement à améliorer la communication et l'apprentissage entre les participants d'un processus. La thèse s'achève sur la présentation des suites qui seront données à cette recherche : la formation d'un facilitateur local pour la poursuite et le suivi-évaluation du processus, l'implication d'une plus grande variété d'institutions

gouvernementales locales aux activités, la réplique de l'expérience sur d'autres sites où des conflits similaires existent et enfin l'usage par l'auteur de ces enseignements et outils pour la formation et l'enseignement en milieu universitaire thaï.