



**Samba: un système multi-agents pour la compréhension
des dynamiques agraires des zones de montagne
du bassin du Fleuve Rouge (Vietnam)**

**Jean-Christophe Castella^{a,b,d}, Stanislas Boissau^{a,d}, Tran Ngoc Trung^d,
Dang Dinh Quang^{c,d}**

^a*Institut de Recherche pour le Développement (IRD), 213 rue La Fayette, 75480 Paris Cedex 10, France*

^b*International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.*

^c*Vietnam Agricultural Sciences Institute (VASI), Thanh Tri, Hanoi, Vietnam*

^d*Programme SAM-Regional, 269 Kim Ma Str., Ba Dinh, Hanoi, Vietnam*

Résumé

Une approche intégrée a été développée dans le cadre du programme «Systèmes Agraires de Montagne» (SAM) afin de comprendre et modéliser à différentes échelles d'espace et de temps, les interrelations entre pratiques des acteurs, processus de production agricole et dynamique des milieux. Cette démarche est appliquée ici à l'étude des processus successifs d'allocation des terres de bas-fonds aux agriculteurs au moment de la décollectivisation et à l'impact de ces politiques foncières sur modes d'exploitation des terres de pentes et notamment l'évolution des systèmes d'abattis brûlés. Un modèle multi-agent (SAMBA) a été développé pour tester les hypothèses dérivées des enquêtes de terrain. A partir de quelques règles simples de comportement des exploitations agricoles il simule l'évolution de leurs stratégies de production durant la période clé des années 1980. Les propriétés émergentes à l'échelle du village : utilisation des terres de pentes, dynamiques des troupeaux, etc. sont analysées et comparées aux résultats d'enquêtes. Deux indicateurs fondés sur le ratio « main d'œuvre / nombre de bouche à nourrir » des familles et sur l'appartenance ethnique permettent d'expliquer les redistributions successives des moyens de production et les dynamiques agraires récentes. Grâce au modèle SAMBA, ils ont pu être validés sur les sites de recherche du programme SAM et leur domaine géographique de pertinence a pu être évalué.

Mots clés : systèmes agraires, agriculture de pentes, modèles multi-agents, dynamiques foncières, différenciation, Vietnam.

Introduction

La réforme agraire qui fait suite à l'indépendance du Viêt Nam met fin à la propriété individuelle des terres. La terre est déclarée propriété du peuple vietnamien et un système de coopératives est mis en place. Entre la fin des années 70 et le début des années 80, ce système rentre dans une phase de crise caractérisée par une baisse de la production rizicole et une démotivation des coopérateurs (Jésus et Dao Thê Anh, 1998). Deux réformes successives en 1982 (résolution 100) et 1986 (contrat 10) vont marquer la transition entre une agriculture collectiviste et une agriculture familiale.

Cette même période est marquée par une déforestation importante dans la majeure partie du Nord Viêt Nam. Une telle évolution du couvert forestier dans la province de Bac Kan en général et dans la commune de Xuât Hoa a été mise en évidence par interprétation de photographies aériennes et d'images satellite (Sadoulet et al., 2000).

Contrairement au delta où la collectivisation n'a pas empêché la différenciation des exploitations (Pillot et Yvon, 1995), les enquêtes menées dans la province de Bac Kan ont tendance à montrer une relative homogénéité dans les pratiques agricoles à cette période, au moins au sein d'un même

village, la période des coopératives peut alors être interprétée comme une période de différenciation (Sadoulet, 1999).

Le modèle multi-agents SAMBA présenté ici a pour objectif la compréhension des dynamiques agricoles au cours de cette période de transition entre coopératives et agriculture familiale. Les simulations sont utilisées pour tester les hypothèses issues du travail de terrain relatives à la différenciation agricole des foyers et de l'analyse géographique des changements d'utilisation des sols. Pour cela, nous baserons sur l'étude de cas conduite dans la commune de Xuât Hoa en 1999 et 2000 (Sadoulet, 1999; Sadoulet et al., 2000).

Evolution des modes d'exploitation du milieu et dynamiques agraires dans la commune de Xuat Hoa

L'approche proposée consiste à analyser les dynamiques des systèmes de production agricole à l'interface entre les transformations du milieu biophysique et de l'environnement socio-économique (Sadoulet, 1999). Elle s'appuie sur les concepts et théories de l'agriculture comparée (Mazoyer et Roudart, 1997). Les dynamiques spatiales ont été suivies grâce à l'interprétation d'une série chronologique de photographies aériennes datant respectivement de 1954, 1977 et 1998. Le suivi longitudinal, sur plus de quarante ans, des modes d'exploitation du milieu renseigne sur leur fonctionnement actuel, leur extension spatiale et plus généralement sur la dynamique des systèmes agraires.

Le travail de terrain visant à caractériser l'évolution des modes d'exploitation du milieu s'est déroulé, en trois phases (Tableau 1).

1. Une phase d'enquêtes historiques auprès de personnes ressources âgées, pour cerner les dynamiques anciennes d'exploitation du milieu
2. Une phase d'enquêtes plus précises sur la différenciation récente et actuelle des systèmes de production conduisant à dresser une première typologie servant de base d'échantillonnage pour la dernière phase.

3. Une phase d'enquête d'exploitations archétypiques, représentatives de chaque catégorie définie auparavant.

Le nombre d'enquêtes par phase est donné dans le Tableau 1 pour chaque zone.

Tableau 1. Dispositif d'enquête dans trois villages classés selon le groupe ethnique dominant

| Villages (nombre d'enquêtes) | Phase 1 | Phase 2 | Phase 3 |
|------------------------------------|---------|---------|---------|
| Tay (7) | 5 | 22 | 29 |
| Dao (1) | 2 | 16 | 12 |
| Kinh (2) | | 17 | 8 |
| Total | 7 | 55 | 49 |

Transformations de l'agriculture et du milieu naturel

La production agricole de la zone d'étude repose sur l'exploitation combinée de deux unités de paysage : les bas-fonds rizicoles et les pentes. Ces deux milieux traditionnellement exploités par deux groupes ethniques distincts (Tây et Dao respectivement) ont évolué au rythme des politiques foncières successives pour aboutir au mode de mise en valeur actuel décrit à la Figure 1.

On peut interpréter la dynamique historique exposée ici comme la succession de quatre modes d'exploitation du milieu correspondant à trois étapes d'évolution du système agraire (Figure 2).

- A. Avant l'indépendance, un mode d'exploitation peu intensif de l'écosystème: rizières à un cycle avec une densité de repiquage faible dans les bas-fonds, systèmes de culture de défriche - brûlis à jachère longue sur les pentes. La disponibilité en main d'œuvre des familles était le principal déterminant de l'extension des surfaces cultivées. Le système agraire était caractérisé par l'accès privilégié du groupe ethnique Tây aux bas-fonds alors que les Dao exploitaient les étages supérieurs de la toposéquence. Les agriculteurs étaient libres d'ouvrir de nouvelles parcelles dans la forêt et conservaient traditionnellement un droit d'usage sur ces terres même pendant les longues périodes de jachère.

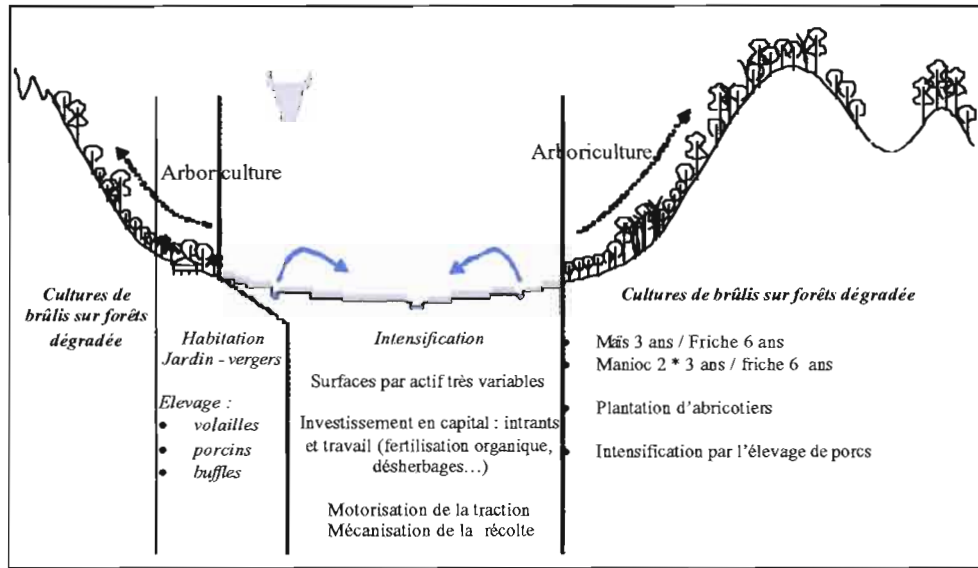


Figure 1. Exploitation actuelle de l'écosystème cultivé (Sadoulet, 1999)

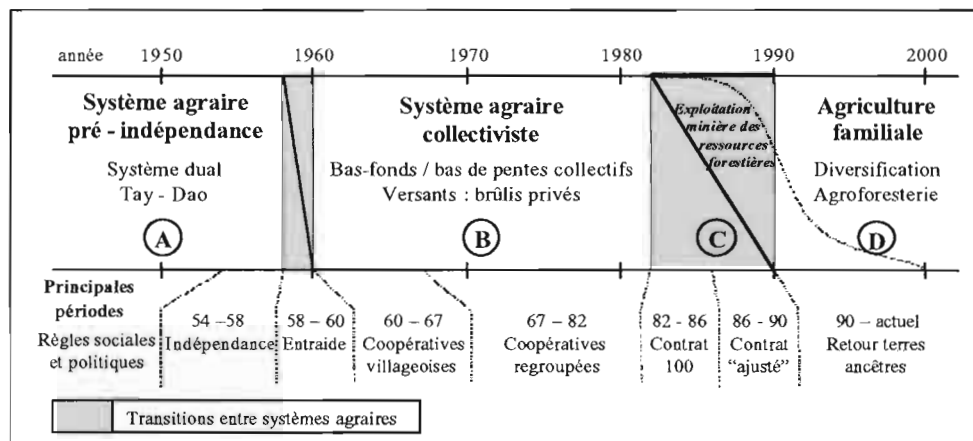


Figure 2. Succession chronologique des systèmes agraires

B. Pendant les coopératives, le mode d'exploitation agricole est intensifié dans les bas-fonds grâce à l'introduction des innovations de la Révolution Verte. Dans les années 1970, l'augmentation de la production des rizières, grâce au passage à la double culture, la généralisation des variétés à fort potentiel et de la fertilisation chimique, diminue la pression agricole sur les pentes. La culture rizicole devenait plus productive et moins risquée dans les bas-fonds que sur les pentes où elle était plus soumise aux aléas climatiques. De plus, les politiques

de protection des forêts encourageaient l'abandon des systèmes rizicoles d'abattis-brûlis chez ceux qui les pratiquaient encore. Les autres cultures de pente telles que le manioc ou le maïs étaient gérées par les coopératives sur des terrains proches des villages. Le système agraire était caractérisé par un sous-emploi des ressources en regard des capacités du milieu et de la main d'œuvre disponible. On observe une régénération forestière durant cette période.

C. Mais la croissance démographique a progressivement réduit la production de riz par habitant. Les capacités théoriques du système devenaient insuffisantes (surpopulation théorique), alors même que le milieu se trouvait sous-exploité. Autrement dit, les ressources naturelles étaient préservées mais les gens avaient faim. Vers la fin des années 1970, le travail collectif ne produisait plus suffisamment pour assurer la viabilité du système et les coopératives entrèrent dans une grave crise. Les surfaces de cultures sur pentes se sont étendues très rapidement du fait d'une productivité du travail bien supérieure à celle des bas-fonds. Les familles se sont mises à accumuler des animaux : buffles et bovins privés, alors que le troupeau collectif stagnait. Les rizières étaient sous-exploitées. La crise du système coopératif s'est donc manifestée par un retour brutal à une adéquation entre exploitation du milieu

et population qui permet d'expliquer le mouvement brutal et rapide de déforestation.

D. En quelques années on a assisté à une saturation de l'espace exploitable en abattis-brûlis. Les rendements décroissants sur les pentes, combinés à la sécurisation foncière des bas-fonds ont favorisé l'investissement, en travail dans un premier temps puis en capital, sur les rizières. Progressivement, de nouveaux modes d'exploitation durable des pentes ont émergé, caractérisés par l'intensification et la pérennisation de systèmes de culture agroforestiers.

Le processus de décollectivisation de la terre et des autres moyens de production s'est déroulé sur une période de quinze ans (Tableau 2). Chaque changement de règle foncière a entraîné des bouleversements considérables des modes d'exploitation du milieu (Encadré 1).

Tableau 2. Transformations des modes d'accès aux moyens de production et impact sur l'agriculture et l'environnement

| Date | Modification des règles foncières | Conséquences sur l'agriculture | Impact écologique |
|-------------|--|---|---|
| 1982 | Privatisation de l'organisation du travail, mais prélèvement forfaitaire d'un quota sur la production rizicole des bas-fonds | Agriculture minière sur les pentes. Système de culture extensif de type abattis-brûlis. Stratégie de maximisation du revenu par unité de main d'œuvre | Déforestation très rapide des pentes sur une dizaine d'années seulement. Accroissement de l'érosion. Inondations catastrophiques en 1986 et 1996 |
| 1986 | Privatisation des buffles Privatisation des fruits du travail | Augmentation progressive du cheptel. Animaux en divagation dans la forêt la majeure partie de l'année Passage à deux cycles de riz dans les bas-fonds partout où l'irrigation le permettait | Réduction du potentiel de régénération forestière lié au pâturage libre des animaux. Limité par les disponibilités en eau et les ouvrages collectifs |
| 1990 | Réappropriation des rizières par les Tâys: retour aux terres des ancêtres | Intensification des rizières de bas-fonds. Augmentation de l'investissement en temps et en capital (fumure, intrants...). Diversification des productions pour les laissés pour compte de la distribution des rizières ou migration vers d'autres régions agricoles | Diminution des brûlis par saturation des zones favorables. Augmentation progressive de couvertures forestières dégradées. |
| 1994 - 1997 | Allocation progressive des terres de pentes | Investissements importants dans les plantations, apparition de systèmes agro-forestiers. Motorisation des zones de bas-fonds et capitalisation importante par multiplication des activités sur l'ensemble de l'exploitation. | Parcellisation du paysage : protection des cultures sur pentes contre les dégâts d'animaux divagants (haies vives ou mortes, tranchées, etc.) |

Les graphes ci-contre sont issus de l'analyse des cartes d'occupation des sols de la commune de Xuat Hoa réalisées à partir de photographies aériennes de 1954, 1977, 1998 (Sadoulet et al., 2000).

Une intense déforestation

Le graphe 1 montre l'ampleur de la déforestation. En 1998 il ne reste plus que 15% des surfaces de forêt présentes en 1954, soit 12% de la surface totale de la commune. Ces chiffres agrégés cachent cependant des disparités en terme de qualité des couverts forestier. La réduction en quantité s'est accompagnée d'une dégradation en qualité avec la disparition totale de la forêt secondaire pour faire place à des formations dégradées (graphe 3).

La pratique de la défriche – brûlis mise en cause...

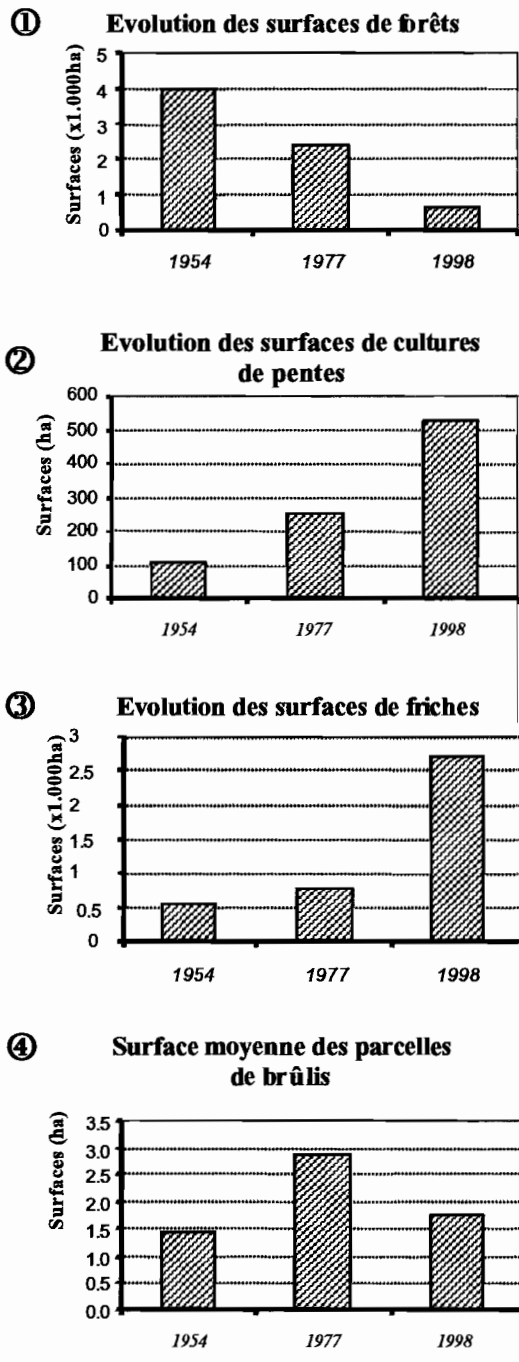
L'histoire agraire de la commune de Xuat Hoa montre que ce phénomène à plusieurs origines (pratiques de la défriche – brûlis, abatage de bois précieux, etc.) selon les périodes considérées et les zones géographiques. L'augmentation des surfaces de brûlis au cours des 40 dernières années a joué un rôle indéniable sur la déforestation.

Réduction des périodes de jachère

On constate sur le graphe 3 que l'impact des brûlis sur l'état de la forêt est bien plus marqué pendant la période 77-98 que durant la précédente. La croissance des surfaces de friches proportionnellement plus importante que celles déforestées témoigne d'une réduction des périodes de jachère. La forêt n'a plus le temps de se régénérer...

La tragédie des communs...

Les calculs réalisés sur les surfaces moyennes de brûlis repérés sur les photographies aériennes montrent une augmentation importante de la taille des parcelles à la période collectiviste. Les brûlis sont gérés collectivement dans la zone proche de la coopérative permettant une régénération progressive en auréoles. La « course aux brûlis » de la période suivante, conjuguée à des densités de population bien supérieures à celles des années 50 conduisent à l'épuisement de la ressource forestière.



Une différenciation rapide des exploitations agricoles dans les années 1980

Une étude historique rapide des conditions de production avant l'indépendance montre déjà l'existence de rapports sociaux inégaux, sans doute exacerbés par le système colonial, par les prélèvements imposés et la place donnée aux notables locaux dans l'administration de la colonie (Thomas, 1999). Par exemple, l'accès au foncier est très inégal avec des surfaces variant de 1 à 10.

La collectivisation a largement contribué au nivellement des inégalités économiques entre les ménages agricoles, même s'il est probable que des phénomènes sociaux autres que ceux décrits ici aient permis à certains de prendre ou de garder une prééminence sociale, qui a pu avoir des conséquences par la suite. A l'aube des transformations de la décennie 1980, on observe assez peu de différences entre systèmes de production, sans doute bien moindre qu'à la mise en place du système coopératif.

Les différences sociales que l'on peut observer actuellement sont apparues, ou pour certaines réapparues, depuis le début des années 1980. On peut regrouper les moteurs de la différenciation selon trois catégories: (i) l'inéquité du système « forfataire » mis en place en 1982 (contrat 100), (ii) l'accaparement de rentes, nées de l'exploitation minière de la forêt et de certaines nouvelles activités, et (iii) l'appropriation du foncier des bas-fonds, réapparition d'inégalités anciennes.

Le Contrat 100 : perversité d'un système qui semblait équitable

Le Contrat 100 a marqué la mise en place d'un nouveau système de répartition des terres de bas-fond et de redistribution des fruits du travail sur les rizières:

- Attribution des surfaces de rizière au prorata du nombre de bouches à nourrir par famille, pour garantir un approvisionnement alimentaire suffisant;
- Prélèvement d'un rendement objectif (fixé par la coopérative selon la qualité des rizières : sol, micro-topographique, accès à l'eau, etc.) destiné à payer les intrants et à rémunérer le travail coopératif;
- Rémunération du travail sur les rizières, et des autres travaux coopératifs (irrigation,

soins au cheptel, etc.), en comptabilisant les points de travail.

Ce système semblait simple et équitable. Les familles ayant beaucoup de bouches à nourrir avaient la possibilité d'obtenir un surplus de riz plus important. En réalité, c'est exactement l'inverse qui s'est produit :

- La très forte productivité du travail de défriche-brûlis n'a pas incité les familles riches en main d'œuvre à investir du temps de travail pour soigner leurs rizières. Les rendements objectifs ont donc été tout juste atteints.
- Les familles disposant de peu d'actifs relativement au nombre de bouches à nourrir ont eu à cultiver des surfaces de rizière par actif importantes, parfois est supérieure à la surface maximale cultivable à deux cycles par ces actifs (Figure 3). Elles ont eu du mal à faire face aux périodes critiques des pointes de travail, ce qui les obligeait à bâcler le travail sur les rizières pour rester synchronisées avec les autres familles et ainsi bénéficier de l'irrigation. Elles ont donc souvent abouti à des rendements médiocres.

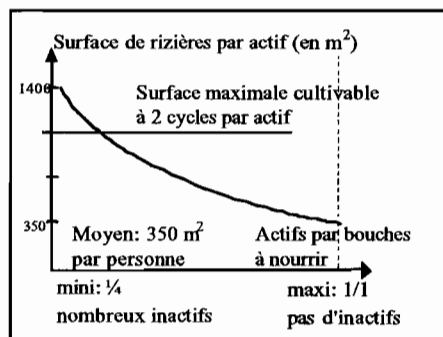


Figure 3. Répartition des surfaces de rizière par actifs sous le contrat 100

- Le système de rémunération du travail collectif fondé sur les points de travail était désavantageux pour les familles pauvres en main d'œuvre. En effet, le travail était payé proportionnellement au temps théoriquement passé, et non pas à la richesse créée. Or la productivité du travail sur les rizières était comparativement supérieure pour de faibles surfaces par actif (qui permettent d'éviter le goulot d'étranglement des pointes de travail) que lorsqu'on atteint des surfaces proches des

limites cultivables par actif (Figure 3). La valeur d'un travail effectué en saison creuse étant la même que celle d'un travail effectué pendant la pointe de travail, au moment de la récolte, les familles ayant de grandes surfaces de rizières par actifs subissaient un prélèvement qui servait à rémunérer le travail des autres familles. Il y avait donc un transfert de riz des familles pauvres en actifs vers les familles riches en main d'œuvre. Ainsi, paradoxalement, les revenus des actifs ayant à cultiver beaucoup de rizières étaient plus faibles et leurs familles étaient les plus en difficulté.

- Compte tenu du manque de temps pour travailler les rizières, ces familles « défavorisées » par leur composition démographique n'ont pas pu cultiver de brûlis, pourtant beaucoup plus rentables à cette période. Elles ont donc assuré une production minimale (certainement insuffisante) pour l'ensemble de la communauté et n'ont pas pu s'assurer une production privée comme ceux qui avaient une main d'œuvre plus importante par rapport au nombre de bouches à nourrir.
- A cette époque, certaines de ces familles riches en main d'œuvre défrichaient de grandes parcelles très fertiles et commençaient à pratiquer des activités à rentabilité différée (plantations agroforestières, élevage porcin associé à la culture du maïs), dans une stratégie d'appropriation des terres de pente et non de vente car les débouchés étaient encore peu nombreux.

Ainsi, durant l'application du contrat 100, des différences sociales se sont créées, qui se sont ensuite accentuées de manière importante dans les années qui ont suivi.

Le contrat ajusté: vers une agriculture d'accaparement des rentes

En 1986, les bonnes terres de pentes avaient toutes été défrichées. Il ne restait plus que des terres marginales ou d'anciens brûlis à cultiver. La productivité du travail sur les pentes a chuté: le revenu global allait diminuer si le système forfaitaire était maintenu. On est donc arrivé en moins de trois ans à une crise du système agraire combinant l'exploitation collective des rizières à deux cycles, et des pentes en cultures de défriche-brûlis privée.

De manière plus ou moins autonome, la coopérative a décidé de changer ses règles. On est passé dans les faits à un système proche de celui mis en place avec le contrat 10, deux ans plus tard, dans le delta du Fleuve Rouge:

- Fin du travail coopératif. La force de travail est gérée par les familles.
- Redistribution des rizières au prorata du nombre d'actifs mais la gestion de la terre restait encore à la charge de la coopérative.
- Fin de l'intervention de la coopérative dans la production rizicole (intrants, rémunération du travail, caisse de solidarité...). Les prélèvements se limitaient à l'impôt et à la rémunération des cadres.
- Vente des buffles à prix réduit. Les familles ont récupéré leur contribution, versée à la création de la coopérative, qui a été déduite du prix des buffles. La distribution a été égalitaire (quotas par famille).

Il s'agissait donc d'une réappropriation complète par les familles des moyens de production que sont le travail et le capital. Seul le foncier restait collectif.

Cet ajustement a eu un effet immédiat sur la production rizicole. Les prélèvements étant diminués et le travail à nouveau normalement rémunéré, les familles se sont remises à investir du temps de travail dans les rizières. Une grande partie des rizières sur lesquelles on ne cultivait jusqu'ici qu'un cycle annuel ont été cultivées à deux cycles. Pour cela, aucun aménagement n'a été réalisé, il a suffi de choisir des variétés à cycles plus courts. Certaines familles, ont commencé à investir en intrants chimiques.

Durant cette période, la différenciation s'est opérée selon deux directions:

- sur la base de la capitalisation de la période précédente (stocks de riz, élevage) et face à la baisse de productivité des brûlis, on a vu se développer d'autres activités: exploitation de bois précieux (accès à de nouveaux réseaux de commercialisation, reconstruction des maisons), aménagements de rizières, etc.
- pour les familles ayant peu de bouches à nourrir par actif, le surplus relatif de main d'œuvre a permis, à ce moment là, la plantation d'arbres fruitiers (abricotiers

notamment), qui sont entrés en production au début des années 90, au moment où les cours étaient élevés.

A partir de 1990, l'accès inégal au foncier et à la propriété privée

Une nouvelle réorganisation du secteur agricole, dite du « contrat 10 », est décidée par le gouvernement, en 1989. Il s'agit, à peu de choses près, d'un fonctionnement qui ressemble à celui décrit au paragraphe précédent. Il a été interprété dans la région d'étude d'une manière tout à fait originale.

En 1990, on assiste à un mouvement spontané de réappropriation des terres de rizières collectivisées en 1960. Chaque famille récupère alors les rizières de ses ancêtres et les distribue aux chefs de famille héritiers. Cette redistribution est très inégalitaire. Elle reprend les inégalités du système qui avait précédé l'indépendance. Le morcellement entre héritier, différent selon la descendance des familles vient toutefois complexifier la situation foncière.

Sur les pentes, la règle de concession des terres pour de longues durées aux familles est mise en oeuvre à partir de 1994. Les familles ont ainsi obtenu des titres fonciers stables. Toutefois, les règles locales d'attribution de la terre, dérivées du droit d'usage traditionnel, se sont limitées à accorder aux familles les surfaces qu'elles avaient déjà exploitées auparavant, y compris les jachères. Ainsi, la redistribution des terres de pente n'a fait qu'entériner les inégalités entre familles créées entre 1982 et 1986 selon leur accès au défrichement.

Arbre de différenciation et accès aux moyens de production

Cette évolution des différences sociales est représentée à la Figure 4. En effet, on peut proposer un modèle conceptuel de ce processus historique en expliquant la différenciation sociale depuis le début des années 80 par les deux facteurs suivants:

- L'abondance relative de main d'œuvre par rapport au nombre de bouches à nourrir dans les années 80, principalement entre 1982 et 1986,

- La surface de rizière héritée des ancêtres au début des années 1990.

L'accès aux moyens de production est spécifique de chaque catégorie. Il existe une grande cohérence entre cet accès différencié et les systèmes de production observés, combinaisons particulières de systèmes de cultures et d'élevage (Sadoulet et al., 2000).

Hypothèses sur les mécanismes de redistribution des moyens de production

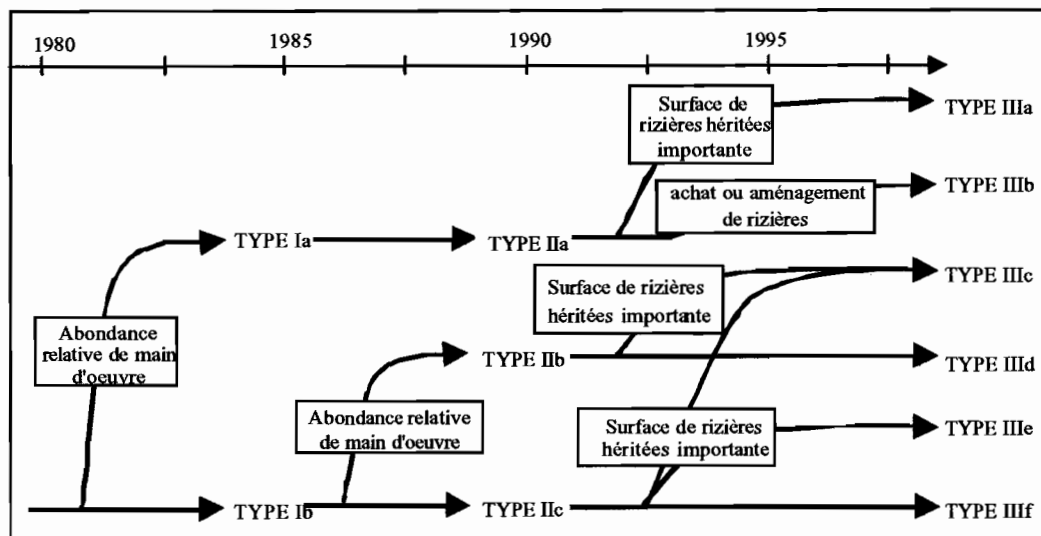
Les mécanismes de redistribution des moyens de production à l'origine des transformations récentes présentées ci-dessus ont été relativement peu documentés. Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer cela :

- ces mécanismes ont émergé d'une crise au cours de laquelle régnait une extrême confusion
- les changements ont été très rapides : trois réformes foncières successives à quatre ans d'intervalle,
- l'extrême diversité des situations locales et des spécificités villageoises liées aux groupes ethniques différents, aux ratios terres de pentes / bas-fonds différents, etc., enfin,
- certains conflits fonciers ne sont toujours pas réglés aujourd'hui et ces thèmes sont restés tabous.

Nous avons donc été amenés à formuler une série d'hypothèses sur l'impact des règles d'accès aux ressources foncières sur (i) les dynamiques agraires et écologiques observées ainsi que sur (ii) la différenciation des exploitations agricoles. Ces hypothèses sont résumées ci-dessous.

L'exploitation de l'écosystème s'est progressivement intensifiée selon quatre étapes:

1. Intensification par unité de main d'œuvre, le foncier sur les pentes semblant inépuisable;
2. Avec l'épuisement des surfaces défrichables, passage à des systèmes plus productifs en 1986 (passage à deux cycles, petits investissements) sur les rizières et augmentation du cheptel;



TYPE Ia : Familles riches en main d'œuvre : surplus alimentaires (stocks) surfaces défrichées importantes

TYPE Ib : Familles ne disposant pas de surplus, souvent endettées auprès de la coopérative (prêts de soudure)

TYPE IIa : Disposent d'un capital depuis le Contrat 100. Elevage de porcs, épargne = buffles

TYPE IIb : Rapport actif par bouches à nourrir favorable. Capitalisation (exploitation de bois, abricotiers)

TYPE IIc : Manque de main d'œuvre, pas de surplus.

TYPE IIIa : Combinaison de surfaces de rizière et arboriculture importantes. Peu de cultures annuelles de brûlis.

TYPE IIIb : Surfaces de rizières moyennes, productions à rentabilité très différée sur les pentes (arboriculture)

TYPE IIIc : Surface de rizières importantes, capitalisation progressive et plantation d'arbres, évolution vers TYPE IIIa

TYPE IIId : Manque de riz important. Productions de vente à rentabilité différée sur les pentes (élevage de porcs, manioc)

TYPE IIIe : Surface de rizières moyennes, productions sur les pentes à rentabilité peu différée (manioc, taro)

TYPE IIIf : Peu de rizières, peu de capital. Travail à l'extérieur, endettement.

Figure 4. Processus de différenciation des systèmes de production et typologie actuelle

3. A partir de 1990, la sécurité foncière sur les rizières, puis sur les pentes, favorise d'une part l'investissement en main d'œuvre et une augmentation rapide de la production et d'autre part les investissements à moyen et long terme (plantations).
4. A l'avenir, on devrait observer, une certaine divergence dans les modes d'exploitation l'écosystème selon les différents types d'exploitation (Sadoulet et al., 2000)

Trois principaux moteurs du changement ont été identifiés:

- La rentabilité relative des différentes productions et des différentes techniques

de productions, en fonction des conditions écologiques, économiques et sociales de production (ex. le riz...)

- Les conditions matérielles de ces évolutions (capitalisation, connaissances techniques)
- Les conditions sociales du changement : règles locales d'accès aux moyens de production.

En l'absence de données empiriques fiables sur la période de 1982 à 1990, le modèle SAMBA a été développé de manière à tester les hypothèses ci-dessus et évaluer leur domaine de validité.

Le modèle SAMBA

Présentation du modèle

Le modèle Samba a été programmé sous la plateforme Cormas (Bousquet et al., 1998). Il comprend 2 entités: les agents "HouseHold" et les cellules "Cell_Samba" qui composent l'environnement. Chaque entité est caractérisée par des attributs et des méthodes de comportement (Figure 5).

| HouseHold | Cell_Samba |
|---|--|
| laborForce mouthsToFeed wallet land surplusLabor buffalo | counter remoteness state increaseCounter () regeneration () turnToFallow () |
| balanceProductionNeed () buyBuffalo () computeIncome () computePaddyProduction () growBuffalo: () growCashCrop: () growUplandRice: () increaseWallet: () | |

Figure 5. Les deux principales entités du modèle SAMBA

Ainsi, chaque agent "HouseHold" est caractérisé par:

- sa composition démographique: nombre de personnes dans le foyer, dont nombre de bouches à nourrir (*mouthsToFeed*) et nombre d'actifs: force de travail (*laborForce*)
- les parcelles de terres qu'il possède (*land*)
- les buffles qu'il possède (*buffalo*)
- un portè-monnaie (*wallet*)
- un excédent de main d'œuvre après travail dans les rizières irriguées (*surplusLabor*)

Chaque agent "HouseHold" peut opérer les actions suivantes:

- calculer sa production de riz irrigué : *computePaddyProduction*
- calculer son excédent ou son déficit de riz par comparaison entre la production de riz irrigué (4t/ha) et ses besoins (300 kg/pers): *balanceProductionNeed* (Fig. 6)
- calculer le revenu généré par le surplus de production de riz : *computeIncome*. On considère que tout excédent de riz est vendu au prix de 2500 VND/kg
- augmenter son portè-monnaie du revenu tiré de la vente de riz et/ou des cultures de rente: *increaseWallet*

- acheter un buffle au prix de 2.000.000 VND chaque fois que le montant du portè-monnaie le lui permet : *buyBuffalo*

L'environnement est constitué par une grille spatiale de 2500 cellules (50*50) représentant chacune une surface de 1000m². Chaque cellule est caractérisée par (i) son éloignement par rapport au village (*remoteness*) et, (ii) son état (*state*) qui peut prendre 6 valeurs: rizière irriguée (*paddyField*), riz pluvial (*uplandRice*), jachère (*fallow*), pâturage (*pasture*), culture de rente (*fruitTree*), forêt (*Forest*). En début de simulation, on initialise les attributs "*remoteness*" et "*state*" des cellules comme suit:

- "*remoteness*" est un indice variant de 1 (cellules les plus proches du centre de la grille) à 10 (cellules les plus éloignées) (Figure 7-A).
- quelques cellules au centre de la grille sont initialisées à l'état "paddy" et les autres à l'état "forêt" (Figure 7-B).

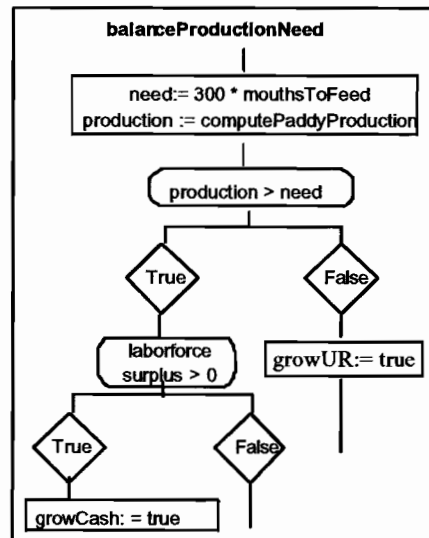


Figure 6. Diagramme de la méthode d'allocation de la main d'œuvre entre différentes activités

Les cellules sont dotées des dynamiques suivantes:

- passage à l'état de jachère quand la parcelle n'est plus cultivée : *turnToFallow*
- régénération de la forêt quand l'état de la parcelle est en jachère : *regeneration*

La dynamique globale du modèle pendant un pas de temps, correspondant à un an est décrite à la Figure 8

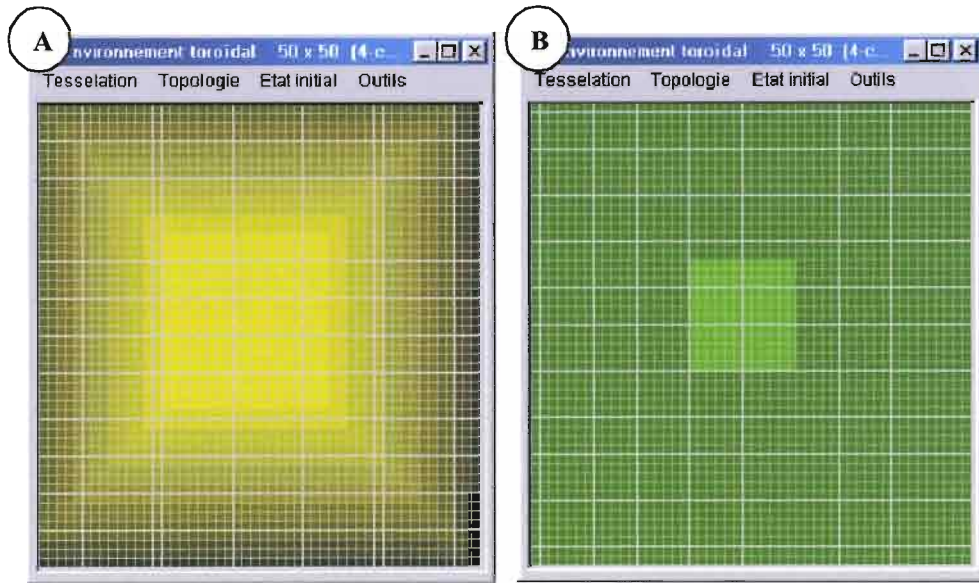


Figure 7. Etat initial de l'environnement en début de simulation. A : indice de distance au village, B : indice d'état du couvert végétal

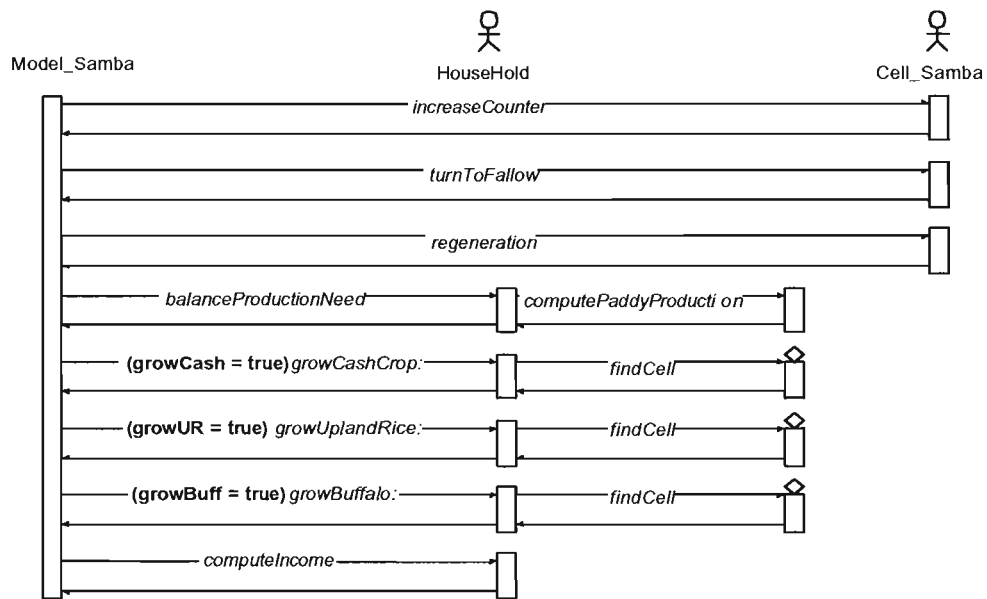


Figure 8. Diagramme d'évolution du modèle SAMBA

Simulations

Le modèle Samba permet de simuler différentes situations en variant:

- la taille de l'environnement (grille) et le nombre de cellules initialisées dans l'état "paddyField"
- la population (nombre de foyers) et la composition des foyers (nombre de bouches à nourrir, nombre d'actifs),
- les modalités d'allocation et de réallocation des rizières (proportionnellement aux nombre de bouches à nourrir, au nombre d'actifs, au nombre de foyers, ou à une partie de la population seulement)

L'intérêt d'un tel modèle est sa simplicité, et par conséquent son adaptabilité à la diversité des situations observées sur le terrain. Dans la description des simulations qui suit, nous ne présenterons donc que quelques cas particuliers choisis à partir du travail de terrain effectué dans la commune de Xuat Hoa (Sadoulet, 1999).

Nous avons donc mené des simulations qui débutent par une allocation des rizières irriguées en fonction du nombre de bouches à nourrir, nous laissons tourner le modèle pendant quatre pas de temps représentant quatre années avant de réallouer les rizières irriguées en fonction de la force de travail de chaque famille. Une telle simulation correspond alors au calendrier des événements tels qu'ils se sont déroulés dans la commune de Xuât Hoa avec allocations successives des rizières irriguées en 1982 et 1986 qui marquent la fin de la période collectiviste et la transition vers l'agriculture familiale (Figure 2).

La simulation dont les résultats sont présentés ci-dessous a été effectuée sur une grille de 2500 cellules (50*50) avec à l'initialisation 144 cellules en état "paddyField". Les agents "HouseHold" ont été initialisés à l'aide d'une base de données dérivée de données d'état civil de la commune de Xuât Hoa. Le modèle comprend ainsi 50 agents "HouseHold" représentant une population de 246 individus virtuels.

A l'initialisation, les cellules "paddyField" sont distribuées au prorata du nombre de bouches à nourrir, et après quatre pas de temps, elles sont redistribuées au prorata de

la force de travail de chaque agent "HouseHold". On laisse alors tourner le modèle quatre pas de temps supplémentaires. La durée totale de la simulation est donc de huit pas de temps, représentant huit années, au cours desquels, les agents "HouseHold" et les cellules suivent les dynamiques présentées précédemment. Les résultats sont alors exportés dans une base de données d'où l'on tire les graphiques d'évolution du modèle.

Nous voyons sur la figure 8 que durant les quatre premiers pas de temps, les agents "HouseHold" emploient leur surplus de main d'œuvre à la culture du riz pluvial qui entraîne une diminution du couvert forestier. Un léger surplus de production permet une accumulation sous forme de buffles. A partir du cinquième pas de temps, la nouvelle redistribution des cellules "paddyField" permet le développement de cultures de rente et une diminution de la surface de riz pluvial. La Figure 9 présente l'état de la grille en fin de simulation alors que la Figure 10 montre l'évolution de l'utilisation du sol. Cependant, derrière ces résultats globaux, agrégés, se cachent différentes situations individuelles que nous nous proposons à présent de passer en revue.

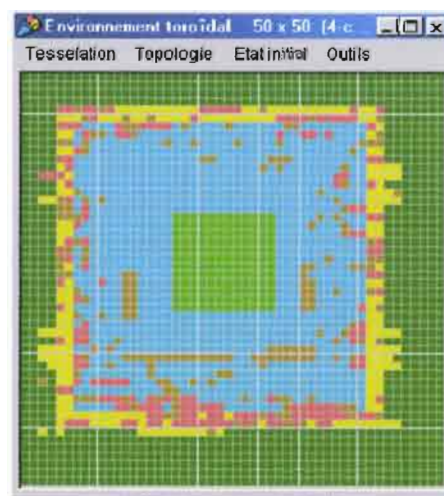


Figure 9. Etat de l'environnement (grille) après huit années (pas de temps) de simulation



Figure 10. Evolution du couvert végétal et productions agricoles de pentes en cours de simulation. Résultats cumulés pour l'ensemble des exploitations

Trois principales catégories d'exploitations ont émergé de la simulation :

Exploitations de type A (Figure 11-A): La première allocation de rizières, en fonction du nombre de bouches à nourrir, ne permet pas au foyer de couvrir ses besoins en riz. Le surplus de main d'œuvre est alors employé à la culture du riz pluvial. La réallocation des rizières (au pas de temps 5) en fonction de la main d'œuvre permet au foyer de couvrir ses besoins, la main d'œuvre supplémentaire est alors allouée au développement de cultures de rente.

Type B (Figure 11-B): Que l'allocation des rizières se fasse au prorata du nombre de bouches à nourrir (pas de temps 1) ou de la force de travail (pas de temps 5), la production de riz irrigué ne suffit pas à couvrir les besoins du foyer. Celui-ci doit alors affecter son excédent de main d'œuvre à la production de riz pluvial dont le surplus éventuel permet une accumulation sous forme de buffles.

Type C (Figure 11-C) : Les foyers de ce type manquent de main d'œuvre. Les rizières allouées lors de la première allocation ne suffisent pas à couvrir les besoins alimentaires de la famille alors que l'ensemble de la main d'œuvre disponible est affectée au travail sur les rizières (pas de possibilité d'ouverture de brûlis). La deuxième allocation de rizières (au prorata de la force de travail) permet de dégager un surplus de main d'œuvre qui est affecté à la culture du riz pluvial. Le foyer reste toutefois déficitaire en riz (les besoins ne sont pas couverts).

La composition des foyers correspondant à ces 3 types est résumée au Tableau 3. La typologie que nous venons de dégager à partir des simulations correspond bien à celle construite à partir du travail de terrain sur la période 1980 – 1990 (Sadoulet, 1999). Les trois types A, B et C issues du modèle informatique peuvent en effet être assimilés respectivement aux types IIa, IIb et IIc de la Figure 4.

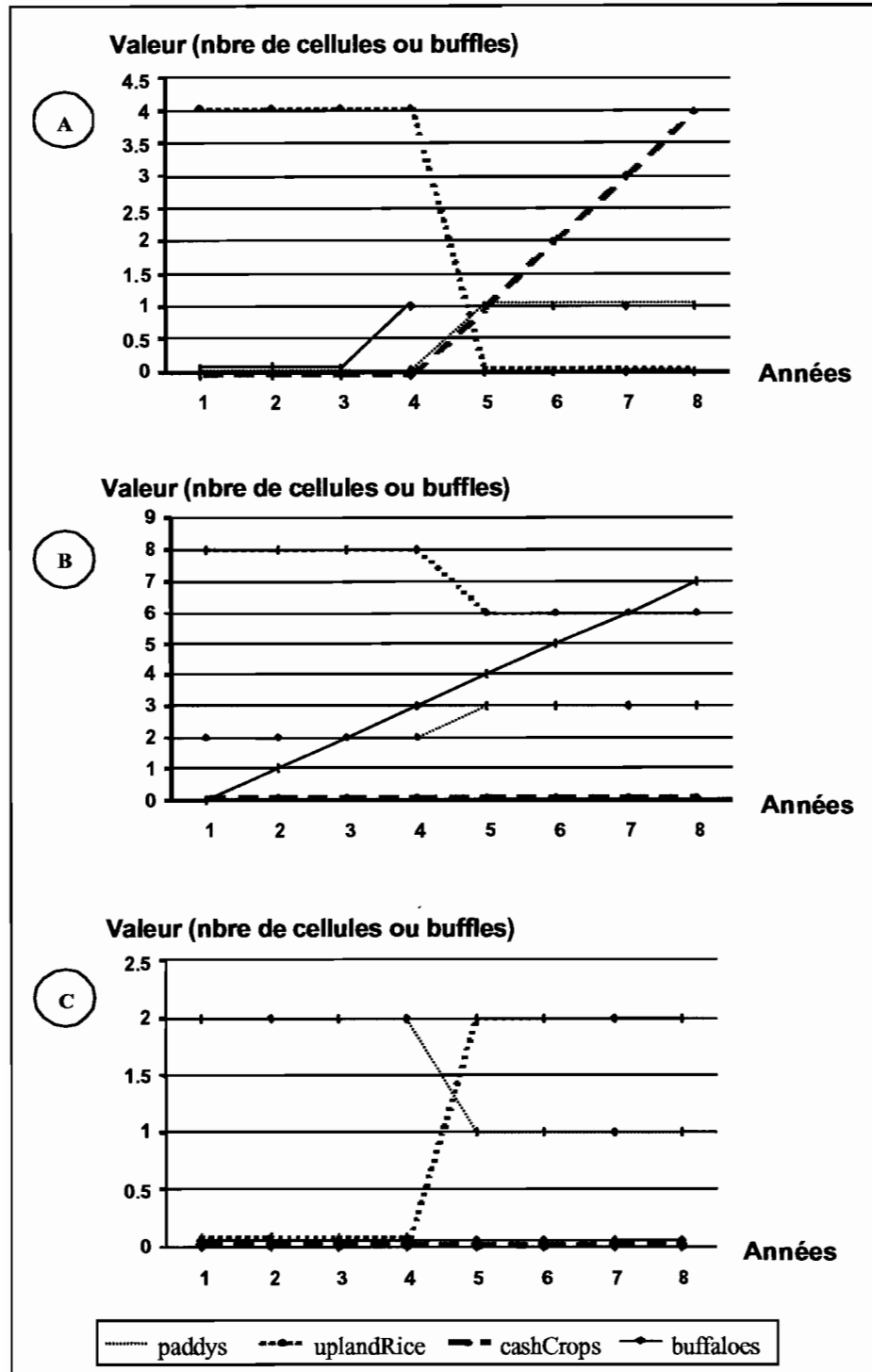


Figure 11. Résultats de simulation pour les exploitations agricoles de type A, B et C

Tableau 3. Composition démographique des foyers correspondant aux trois types d'exploitation identifiés à l'issue de la simulation

| Bouches à nourrir | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Main d'oeuvre | | | | | | | | | | |
| 1 | A | B | B | C | C | C | C | C | C | C |
| 2 | | A | B | B | C | C | C | C | C | C |
| 3 | | | A | B | B | B | C | C | C | C |
| 4 | | | | A | A | B | B | B | B | C |
| 5 | | | | | A | A | B | B | B | B |
| 6 | | | | | | A | A | B | B | B |
| 7 | | | | | | | A | A | A | B |
| 8 | | | | | | | | A | A | A |
| 9 | | | | | | | | | A | A |
| 10 | | | | | | | | | | A |

Sensibilité aux conditions initiales

L'émergence de ces différents types / comportements / stratégies dépend en grande partie des conditions initiales, c'est à dire du rapport entre nombre de bouches à nourrir et nombre d'actifs et de la quantité des cellule ayant pour état "paddyField". En effet, la possibilité d'aménagement de nouvelles rizières irriguées n'étant pas prise en compte par notre modèle, si la surface de rizières est trop faible, aucun foyer, quelle que soit sa composition démographique, n'aura la possibilité de développer les cultures de rente (Figure 12-A). Inversement, si la surface de rizière par bouche à nourrir est trop importante, les cultures de rente pourront apparaître dès la première allocation (Figure 12-B), donnant ainsi naissance à un nouveau type de comportement.

Ces figures montrent l'importance du rapport entre la taille de la population et la surface de rizières irriguées pour l'émergence des différents comportements observés. Une surface trop faible de rizières ne permet pas le développement des cultures de rente alors qu'une surface relativement importante le favorise dès la première allocation des rizières. Le travail de terrain nous montre que les villages Tàys de la commune de Xuât Hoa se trouvent dans une situation médiane correspondant aux simulations détaillées ci-dessus. Ces simulations nous montrent en particulier que l'émergence des 3 stratégies dépend en partie d'un manque de rizières irriguées qui peut aussi être interprété comme une relative sous-exploitation des rizières (Sadoulet, 1999).

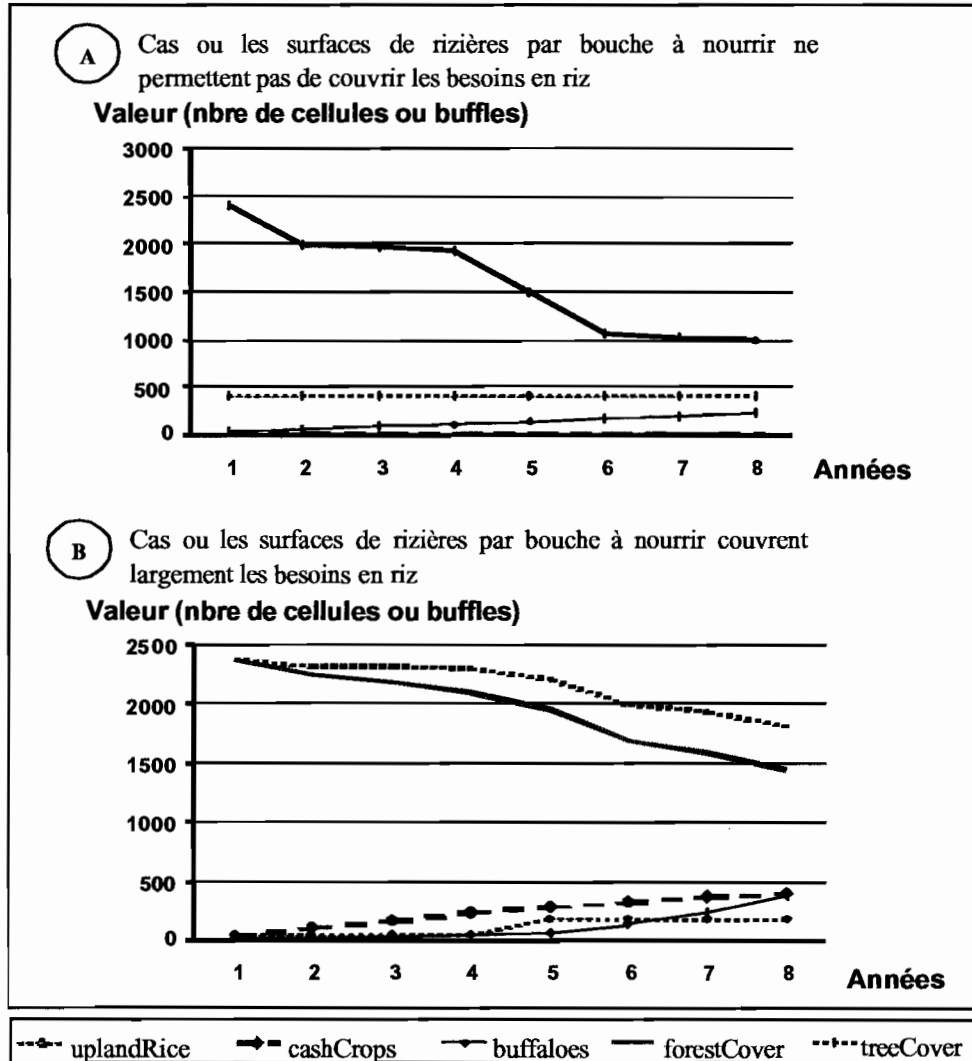


Figure 12. Evolution du couvert végétal et productions agricoles de pentes en cours de simulation. Valeurs cumulées pour l'ensemble des foyers.

Nous venons de voir comment le modèle que nous avons construit permet de décrire à partir de règles de fonctionnement très simples les dynamiques agricoles ainsi que la différenciation des exploitations agricoles à l'œuvre au début des années 80. On notera l'absence d'interactions entre les agents qui correspond à l'hypothèse d'absence de coordination entre les familles dans l'exploitation du milieu à l'époque étudiée. Dans le modèle que nous venons de présenter, les agents ont un comportement de type réactif

(mécanique), c'est à dire qu'à un même stimulus est toujours associée une même réponse comportementale. Chaque agent agit de manière indépendante du comportement des autres, et tous selon une même règle de comportement. Cependant, des règles simples suffisent à faire émerger des comportements proches de ceux identifiés au travers des enquêtes de terrain qui montrent que le travail collectif organisé au sein des coopératives est suivi par une période de "course" à l'appropriation de la terre qui se

fait de manière individuelle et repose essentiellement sur la disponibilité en main d'œuvre des différents foyers.

Un tel modèle permet donc de décrire les dynamiques agricoles en termes d'utilisation du sol et de différenciation des systèmes de production et dans la période de transition entre agriculture collective et agriculture familiale, et se trouve en concordance avec les observations de terrain. Mais le modèle ne prétend pas prendre en compte l'ensemble des dynamiques à l'œuvre, forcément beaucoup plus complexes. Il se limite à tester les hypothèses issues du travail agronomique de terrain et de l'analyse géographique de photographies aériennes. Il permet de mettre en évidence les conditions suffisantes pour l'émergence de différents types d'exploitation du milieu observés à la fin de la période des coopératives et leur impact en termes d'utilisation du sol.

Conclusions : limites et prolongements du modèle

Les résultats de simulation ont montré que le modèle multi-agent SAMBA est capable, à partir d'un nombre très limité de règles de décision des foyers agricoles, de représenter des dynamiques agraires et processus de différenciation des systèmes de production au cours des années 1980. Dans ce modèle les agents n'interagissent pas directement mais par l'intermédiaire des transformations qu'ils provoquent sur leur environnement. Le fonctionnement du modèle SAMBA dans sa version actuelle est fondé sur l'hypothèse d'une absence de coordination entre acteurs pendant la période étudiée. Les agents présentent un comportement réactif, par opposition aux agents cognitifs vers lesquels tendront les futures versions. Chaque agent agit donc indépendamment des autres et répond toujours de la même manière à un même stimulus. Ces règles très simples ont suffi à l'émergence de comportements très proches de ceux observés dans la réalité. En effet, le démantèlement du système coopératif a été suivi par une « course aux brûlis » qui répondait essentiellement à des stratégies individuelles et dépendait dans une large mesure de la main d'œuvre que chaque famille pouvait mobiliser.

Jusqu'à présent, le modèle SAMBA a été utilisé pour comprendre des transformations passées des modes de mise en valeur du milieu. Il permet d'étudier les contributions respectives de la composition démographique des villages et de leurs dotations en rizières dans la diversité qui a émergé à l'issue des réformes foncières successives qu'ont traversé ces zones de montagne. Mais nous ne prétendons pas capturer par un tel modèle réactif tous les facteurs impliqués dans les changements observés. Son principal objectif était d'identifier des « conditions nécessaires et suffisantes » pour expliquer l'émergence de stratégies différenciées d'utilisation des terres au sortir de la période des coopératives, et cet objectif a été atteint.

Mais au delà, par une meilleure compréhension des interactions entre allocation des terres de bas-fonds et dynamiques agricoles sur les pentes au cours de la période post-collectiviste, le modèle SAMBA éclaire la diversité des situations observables actuellement. Pourtant, l'absence de coordination entre agents dans la version du modèle présentée ci-dessus ne permet pas de l'appliquer à la période actuelle qui présente des dynamiques plus complexes. Le modèle SAMBA sera donc progressivement adapté à la représentation des dynamiques locales actuelles, tout en le conservant aussi simple que possible de manière à favoriser son adaptabilité à des situations variées. Il s'agira ensuite de déterminer grâce au modèle les indicateurs (ou clés d'extrapolation) suffisants pour faire la part des « tendances lourdes » du changement et des phénomènes qui interfèrent localement avec ces dernières pour créer l'extrême diversité observée (Castella et al. 1999). Des enquêtes rapides effectuées à partir de ces indicateurs sur de plus grands ensembles géographiques permettront alors, grâce à des simulations, de valider à l'échelle de la province des hypothèses formulées à celle du village.

Références

- Bousquet F., Bakam I., Proton H., Le Page C. (1998). Cormas: common-pool resources and multi-agent systems. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 1416.
- Castella J.-C., Gayte O., Do Minh Phuong (1999). Developing approaches for meso-level studies for effective community-based

- natural resource management in the uplands of Vietnam. In : S.P. Kam, C.T. Hoanh eds., *Scaling Methodologies in Eco-regional Approaches for Natural Resource Management. Proceedings of an International Workshop, 22-24 June 1998, Ho Chi Minh City, Vietnam*. Makati City, Philippines, IRRI : 93-107.
- Jésus F, Dao Thê Anh (1998) *Les réformes au Vietnam depuis 1979 et leurs effets sur les ménages agricoles*. Document de travail n°28, Unité de recherche en prospective et politiques agricoles. Paris, CIRAD-INSA : 82 p.
- Mazoyer M., Roudart L. (1997) *Histoire des agricultures du monde*. Paris, Editions du Seuil: 531 p.
- Pillot D., Yvon F. (1995) Mutations techniques en économie de transition. *Etudes vietnamiennes*, 45: 48-67.
- Sadoulet D. (1999) *La différenciation des exploitations agricoles dans la commune de Xuat Hoa, Province de Bac Kan, Nord Vietnam. Quels enseignements pour l'étude de l'agriculture régionale?* Mémoire de DAA. Paris, INA PG – ENESAD : 104p.
- Sadoulet D., Castella J.C., Vu Hai Nam, Dang Dinh Quang (2000) Dynamiques agraires et différenciation des exploitations agricoles dans la commune de Xuat Hoa, province de Bac Kan, Vietnam. *SAM Paper Series 1*, Hanoi, Vietnam Agricultural Science Institute: 21 p.
- Thomas F. (1999) *Histoire du régime et des services forestiers français en Indochine de 1862 à 1945*. Hanoi, Editions The Gioi: 312p.

Castella Jean-Christophe, Boissau Stanislas, Tran Ngoc Trung,
Dang Dinh Quang (2001)

SAMBA : un système multi-agents pour la compréhension des
dynamiques agraires des zones de montagne du bassin du
Fleuve Rouge (Vietnam)

Hanoï : VASI, (4), 18 p. (SAM Paper Series ; 4)