

Samba, un système multi-agents pour la compréhension des dynamiques agraires

Cas des zones de montagne
du bassin du fleuve Rouge (Viêt-Nam)

Jean-Christophe Castella
Agronome

Stanislas Boissau
Anthropologue

Tran Ngoc Trung
Informaticien-modélisateur

Dang Dinh Quang
Agronome

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 Nord du pays. 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 montrent une relative homogénéité dans les pratiques agricoles durant cette période, au moins au sein d'un même village. La période des coopératives peut dès lors être interprétée comme une période de dédifférenciation, du moins dans cette province. 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 nous baserons sur l'étude de cas conduite dans la commune de Xuât Hoa en 1999 et 2000 (Sadoulet, 1999 ; Sadoulet *et al.*, *ibid.*).

■ 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, *ibid.*). 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 totalisant respectivement 7, 55 et 49 enquêtes : une phase d'enquêtes historiques auprès de personnes ressources âgées pour cerner les dynamiques anciennes

d'exploitation du milieu ; une phase d'enquêtes plus précises sur la différenciation récente et actuelle des systèmes de production conduisant à dresser une première typologie destinée à servir de base d'échantillonnage pour la dernière phase ; et une phase d'enquête d'exploitations archétypiques représentatives de chaque catégorie définie auparavant.

Approche historique des 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 (Tày et Dao respectivement) ont évolué au rythme des politiques foncières successives. La dynamique historique peut être interprétée comme la succession de quatre modes d'exploitation du milieu correspondant à trois étapes d'évolution du système agraire (fig. 1).

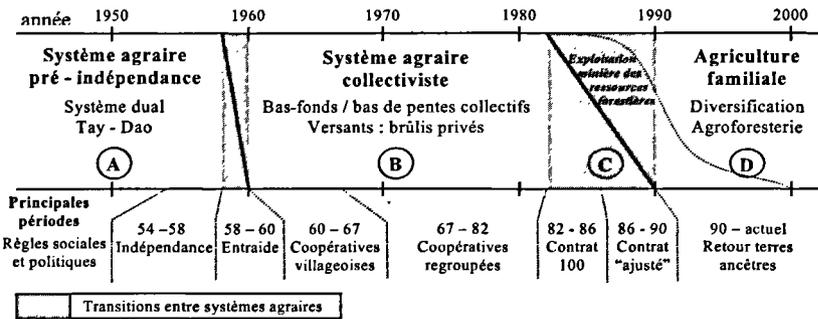


Figure 1
Succession chronologique des systèmes agraires.

Avant l'indépendance (étape A, fig. 1), il existe 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 Tày 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. Au début des années 60, on passe à un système agraire collectiviste, les règles sociales et politiques étant gérées par des coopératives (étape B, fig. 1). Le mode d'exploitation agricole est alors 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 liée au passage à la double culture, à la généralisation des variétés à fort potentiel et à 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 soumise aux aléas climatiques. De plus, les politiques de protection des forêts encourageaient l'abandon des systèmes rizicoles d'abattis-brûlis chez ceux qui le 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. 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 (étape C, fig. 1). 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 (étape D, fig. 1).

Une différenciation rapide des exploitations agricoles dans les années 80

Une étude historique rapide des conditions de production avant l'indépendance montre déjà l'existence de rapports sociaux inégalitaires, sans doutes 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'iniquité du système « forfaitaire » 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 et la réapparition d'inégalités anciennes.

Le « contrat 100 » : perversité d'un système qui semblait équitable

Le « contrat 100 » (1982-1986, fig. 1) 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 par l'attribution des surfaces de rizière au *pro rata* du nombre de bouches à nourrir par famille (pour garantir un approvisionnement alimentaire suffisant), par le prélèvement d'un rendement objectif (fixé par la

coopérative selon la qualité des rizières : sol, micro-topographie, accès à l'eau, etc.) destiné à payer les intrants et à rémunérer le travail coopératif, et par la 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. Par ailleurs, les familles disposant de peu d'actifs par rapport au nombre de bouches à nourrir ont eu à cultiver de grandes surfaces de rizière par actif, parfois même supérieure à la surface maximale cultivable à deux cycles par ces actifs (fig. 2). Elles ont donc 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. De plus, 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 supérieure pour de faibles surfaces par actif¹ (fig. 2). 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

¹ Les faibles surfaces par actif permettent d'éviter le goulot d'étranglement des pointes de travail, ce qui n'est pas le cas lorsqu'on atteint des surfaces proches des limites cultivables par actif.

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.

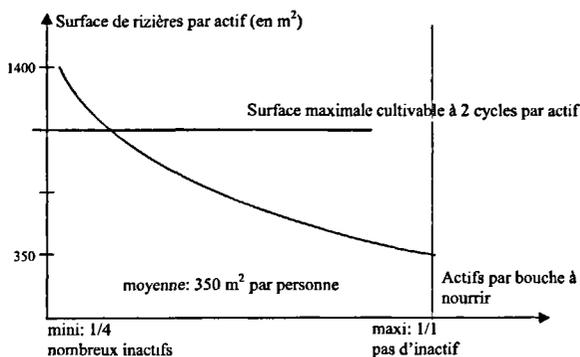


Figure 2
Répartition
des surfaces
de rizière
par actif
sous le « contrat
100 ».

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 avait chuté : le revenu global allait diminuer si le système forfaitaire était maintenu. On était 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 (vers 1986, fig. 1). 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 l'ensemble des 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 rémunération des cadres ;
- vente des buffles à prix réduit, les familles ont récupéré leur contribution versée à la création de la coopérative et 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. D'une part, 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. D'autre part, 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 œuvre 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.

Cette évolution des différences sociales depuis le début des années 80 peut être représentée par un modèle conceptuel basé sur l'abondance relative de main d'œuvre par rapport au nombre de bouches à nourrir dans les années 80 (principalement entre 1982 et 1986) d'une part, et sur la surface de rizière héritée des ancêtres au début des années 1990. On note qu'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.*, *ibid.*).

Hypothèses sur les mécanismes de redistribution des moyens de production

Les mécanismes de redistribution des moyens de production à l'origine des transformations récentes sont peu documentés, car ils ont émergé d'une crise au cours de laquelle régnait une extrême confusion liée à des changements très rapides (trois réformes foncières successives à quatre ans d'intervalle), et à une extrême diversité des situations locales et des spécificités villageoises (groupes ethniques différents, 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 de l'impact des règles d'accès aux ressources foncières sur les dynamiques agraires et écologiques observées ainsi que sur la différenciation des exploitations agricoles. On a considéré que

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

- intensification par unité de main d'œuvre, le foncier sur les pentes semblant inépuisable ;
- 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 ;
- à 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) ;
- à l'avenir, on devrait observer une certaine divergence dans les modes d'exploitation de l'écosystème selon les différents types d'exploitation (Sadoulet *et al.*, *ibid.*)

Trois principaux moteurs du changement ont été identifiés :

- la rentabilité relative des productions et des techniques de productions en fonction des conditions écologiques, économiques et sociales de production (exemple : 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 à 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. Ainsi, chaque agent "HouseHold" est caractérisé par sa composition démographique (nombre de personnes dans le foyer, nombre d'actifs), les parcelles de terres qu'il possède, les buffles qu'il possède, un porte-monnaie et un

excédent de main d'œuvre après travail dans les rizières irriguées. D'autre part, chaque agent "HouseHold" peut opérer les actions suivantes : calculer sa production de riz irrigué, calculer son excédent – ou son déficit – de riz par comparaison entre la production de riz irrigué (4 t ha^{-1}) et ses besoins (300 kg pers^{-1}), calculer le revenu généré par le surplus de production de riz (en considérant que tout excédent de riz est vendu au prix de $2\,500 \text{ VND}^2$ par kg), augmenter son porte-monnaie du revenu tiré de la vente de riz et/ou des cultures de rente, acheter un buffle (au prix de $2\,000\,000 \text{ VND}$) chaque fois que le montant du porte-monnaie le lui permet.

L'environnement est constitué par une grille spatiale de $2\,500$ cellules (50×50) représentant chacune une surface de $1\,000 \text{ m}^2$. Chaque cellule est caractérisée par son éloignement par rapport au village ("remoteness") et son état ("state") qui peut prendre 6 valeurs : rizière irriguée ("paddyField"), riz pluvial ("uplandRice"), jachère ("fallow"), pâturage ("pasture"), culture de rente ("fruitTree"), forêt ("forest"), (fig. 3).

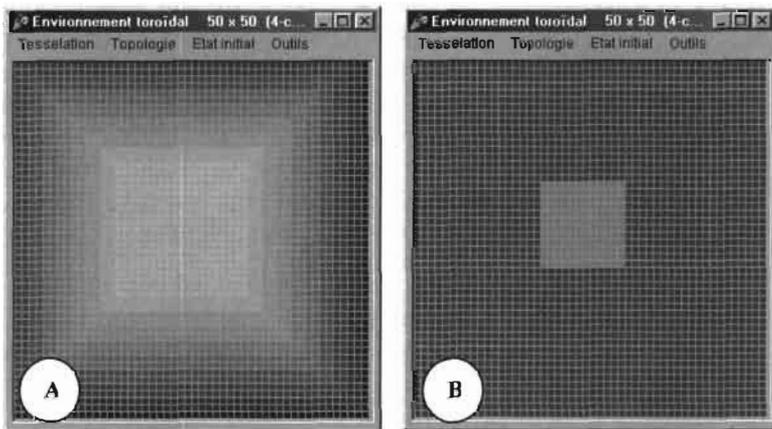


Figure 3

Etat initial de l'environnement en début de simulation sur le modèle Samba.

A : indice de distance au village variant de 1 (cellules les plus proches du centre de la grille) à 10 (cellules les plus éloignées) ;
B : indice d'état du couvert végétal (au centre de la grille, cellules initialisées à l'état "paddyField" et les autres à l'état "forest").

² Vietnam Dong, monnaie vietnamienne.

En début de simulation, on initialise les attributs “*remoteness*” et “*state*” des cellules en donnant, respectivement, un indice variant de 1 à 10 en fonction de la distance au village (1 pour les cellules les plus proches du village, au centre de la grille) (fig. 3-A), et en fixant un état “*paddyField*” au centre de la grille et “*forest*” aux autres (fig. 3-B).

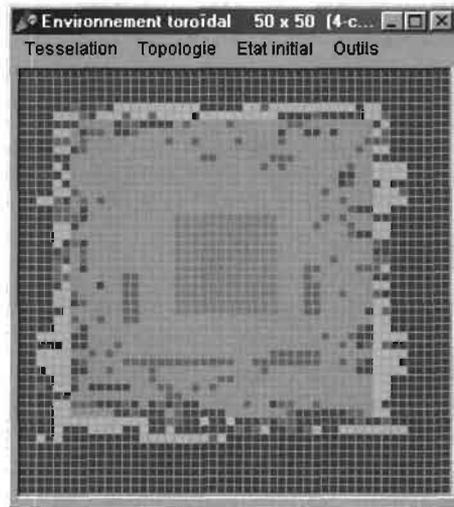
Les cellules sont dotées des dynamiques annuelles « passage à l'état de jachère quand la parcelle n'est plus cultivée » et « régénération de la forêt quand l'état de la parcelle est en jachère ». Un pas de temps correspond à un an.

Simulations

Le modèle Samba permet de simuler différentes situations en variant la taille de l'environnement (représenté par la 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 que quelques cas particuliers choisis à partir du travail de terrain effectué dans la commune de Xuat Hoa (Sadoulet, *ibid.*).

Nous avons 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 (fig. 1). La simulation dont les résultats sont présentés ci-dessous a été effectuée sur une grille de 2 500 cellules (50x50) 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 représente donc huit années au cours desquelles les agents “*HouseHold*” et les cellules suivent les dynamiques présentées précédemment (fig. 4). Les résultats sont alors exportés dans une base de données d’où l’on tire les graphiques d’évolution du modèle.



■ Figure 4

Etat de l’environnement (de la grille) après huit années (pas de temps) de simulation sur le modèle Samba.

Nous voyons sur la figure 5 que durant les quatre premières années, 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 (5^e année), la nouvelle redistribution des cellules “*paddyField*” permet le développement de cultures de rente et une

diminution de la surface de riz pluvial. Cependant, ces résultats globaux – agrégés – cachent différentes situations individuelles que nous proposons à présent de passer en revue.

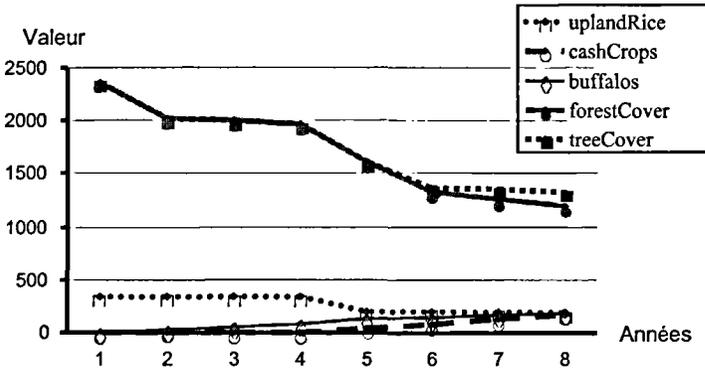


Figure 5

Evolution du couvert végétal et des productions agricoles de pentes au cours de huit années de simulation sur le modèle Samba. Valeurs cumulées pour l'ensemble des foyers.

Trois principales catégories d'exploitations sont dégagées par les simulations :

– *les exploitations de type A* (fig. 6-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 (en cinquième année, 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 ;

– *les exploitations de type B* (fig. 6-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 ;

– *les exploitations de type C* (fig. 6-C) : la main d'œuvre manque, 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 *pro rata* 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.

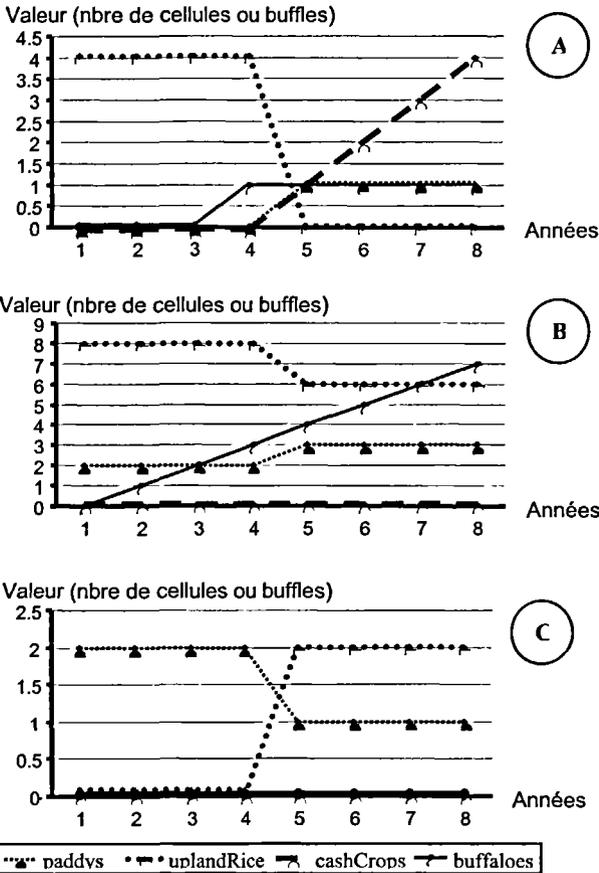


Figure 6
 Evolution du couvert végétal et des productions agricoles de pentes au cours de huit années de simulation sur le modèle Samba pour trois types d'exploitations agricoles.
 Type A : forte abondance de main d'œuvre.
 Type B : abondance relative de main d'œuvre.
 Type C : manque de main d'œuvre.
 Valeurs cumulées pour l'ensemble des foyers.

Ces trois types (A, B et C) issus du modèle informatique correspondent à la typologie construite à partir du travail de terrain sur la période 1980-1990 (Sadoulet, *ibid.*).

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 de cellules ayant pour état "paddyField".

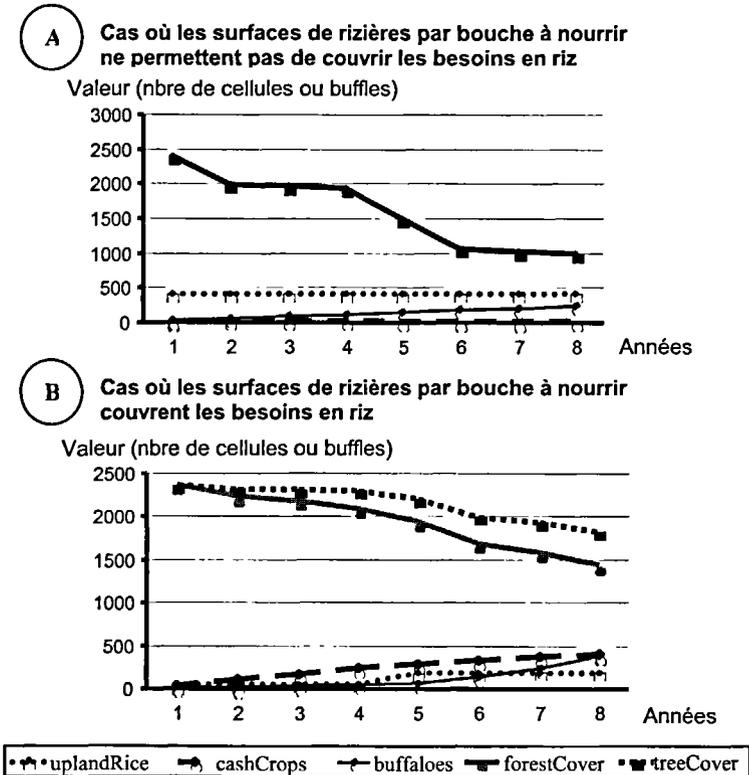


Figure 7

Evolution du couvert végétal et des productions agricoles de pentes au cours de huit années de simulation sur le modèle Samba en fonction de la surface initiale de rizières irriguées.

Valeurs cumulées pour l'ensemble des foyers.

La possibilité d'aménagement de nouvelles rizières irriguées n'étant pas prise en compte par notre modèle, si la surface initiale de rizières est trop faible, aucun foyer, quelle que soit sa composition démographique, n'aura la possibilité de développer les cultures de rente (fig. 7-A). Inversement, si la surface de rizière par bouche à nourrir est trop importante, les cultures de rente pourront apparaître dès la première allocation (fig. 7-B), donnant ainsi naissance à un nouveau type de comportement.

Ces simulations 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. Les enquêtes de terrain indiquent que les villages Tày de la commune de Xuât Hoa se trouvent dans une situation médiane correspondant aux simulations détaillées ci-dessus. Enfin, ces simulations mettent en évidence que l'émergence des trois stratégies décrites dépend en partie d'un manque de rizières irriguées qui peut aussi être interprété comme une relative sous-exploitation des rizières (Sadoulet, *ibid.*).

Conclusion

Limites et prolongements du modèle

Les résultats de simulation ont montré que le modèle multi-agents *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 les 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 leur dotation 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.

Bibliographie

Bousquet F., Bakam I.,
Proton H., Le Page C., 1998 –
Cormas : common-pool resources
and multi-agent systems. *Artificial
Intelligence, Lecture Notes* : 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 Kam S. P., Hoanh C. T. (éd.) :
*Scaling methodologies in eco-
regional approaches for natural
resource management*, proceedings
of an international workshop,
Ho Chi Minh City, Vietnam,
22-24 June 1998, IRRI, Makati City,
Philippines : 93-107.

Jésus F., Dao Thê Anh, 1998 –
*Les réformes au Viêt-Nam depuis
1979 et leurs effets sur les ménages
agricoles*. Cirad-Insa, unité
de recherche en prospective
et politiques agricoles, Paris,
Doc. travail n° 28 : 82 p.

Mazoyer M., Roudart L., 1997 –
Histoire des agricultures du monde.
Paris, 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 Viêt-Nam. Quels
enseignements pour l'étude
de l'agriculture régionale ?* Mémoire
DAA, INAPG–Enesad, Paris : 104 p.

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,
Viêt-Nam*. SAM paper series 1,
Vietnam agricultural science institute
(Vasi), Hanoi, Vietnam : 21 p.

Thomas F., 1999 –
*Histoire du régime et des services
forestiers français en Indochine
de 1862 à 1945*. Hanoi,
Editions The Gioi : 312 p.