

Le développement d'outils de simulation pour faciliter les concertations pour la gestion de bassins versants peri-urbains: exemple de São Paulo, Brésil

**RAPHAELE DUCROT¹, BERNARDO PAZ²,
JEAN-CHRISTOPHE POUGET³ & JOSE GALIZIA TUNDISI⁴**

¹ CIRAD, Av. Prof Luciano Gualberto Travessa J, 374 terreo Cidade Universitaria, 05508-900 Sao Paulo, Brasil
ducrot@cirad.fr

² Centro-Agua, Universidade Mayor San Simon, Avenida Petrolera km 4.5, PO Box 4926, Cochabamba, Bolivia

³ Unité DIVHA, IRD / MSE BP 64501, F-34394 Montpellier Cedex 5, France

⁴ Instituto Internacional de Ecologia, Rua Benta Carlos 750, 13560 São Carlos, Brasil

Résumé La croissance continue des villes brésiliennes se traduit par une pression croissante sur leurs bassins versants peri-urbains, comme dans la Région Métropolitaine de Sao Paulo. Alors qu'une nouvelle politique de l'eau cherche à promouvoir une gestion plus participative, le fonctionnement des instances de discussion est fragilisé par une représentation limitée des communautés locales, de fortes inégalités sociales, et les fortes asymétries de pouvoir et d'information. Afin de renforcer les capacités de négociation, une approche visant le développement participatif et combiné de deux types d'outils de simulation est testée: modèle multi-agent et jeux de rôle. Ces outils visent à faciliter, à travers le processus de formalisation participatif puis d'exploration de scénarios la construction d'une représentation partagée du fonctionnement des bassins versants portant non seulement sur les relations entre acteurs et ressource mais également sur les interactions entre acteurs.

Mots clefs bassin versant peri-urbain; concertation; gestion de l'eau et du sol; modèles de simulation; São Paulo, Brésil

Development of simulation tools for facilitating basin management scheme development for peri-urban areas: São Paulo, Brazil

Abstract The continuous growth of Brazilian cities is resulting in increased pressure on their peri-urban catchments, as in the Metropolitan Region of São Paulo. While a new water policy is being implemented to promote more participative management of the resource, the functioning of the discussion bodies is weakened by the limited representation of local communities, large social inequalities and the asymmetry of information and decision power. In order to strengthen their negotiation capacity, an approach based on the participative and combined development of two types of simulation tool is being tested: a multi-agent simulation model and role-playing games. These tools are aimed to facilitate, through participative formalization and exploration of scenarios, the building of a joint representation of the functioning of the catchment, dealing not only with the interactions between actors and water resources but also with actors interaction.

Key words land and water management; negotiation; peri-urban catchment; São Paulo, Brazil; simulation models

INTRODUCTION

La croissance continue des villes brésiliennes, dans un contexte de fortes inégalités sociales pose le défi de l'approvisionnement en eau potable d'un nombre toujours croissant de consommateurs. C'est notamment le cas dans la région métropolitaine de São Paulo, ses 39 communes et 18 millions d'habitants, située en tête de la rivière Tietê (bassin versant du Parana). Cette question est d'autant plus difficile à résoudre que la croissance urbaine remet en cause le fonctionnement hydrologique des bassins versants périurbains—et des fonctions environnementales qu'ils assurent telles que captage des aquifères superficiel, recharge de nappe, zones d'expansion des crues, etc. Les processus d'urbanisation précaire dans ces régions périphériques se traduisent en effet par des changements rapides d'usage du sol et une dégradation de la qualité des ressources. Alors qu'une nouvelle stratégie de gestion intégrée de l'eau est en train d'être mise en œuvre sur une base participative et territoriale, se pose la question de l'amélioration des processus de consultation entre les différents acteurs. Cet article décrit une approche fondée sur le développement participatif d'outils de simulation, associant les communautés de la périphérie. Après avoir clarifié les modalités de gestion des bassins versants en fonction des enjeux, les deux types d'outils en cours de développement sont présentés. Un modèle multi-agent vise à simuler l'évolution de la ressource au niveau d'un bassin versant en fonction des stratégies d'investissement en infrastructure et de la croissance de la population, tandis que les jeux de rôles permettent de simuler le fonctionnement social et ses conséquences hydrologiques au niveau local. Nous concluons en discutant la place possible de ces outils comme supports de médiation dans les concertations.

VERS LA MISE EN PLACE D'UNE GESTION INTEGREE DE L'EAU DANS LES BASSINS VERSANTS PERIURBAIN DE SAO PAULO

Alors que la croissance urbaine a fortement diminué depuis une dizaine d'années (Prette, 2000), le système d'approvisionnement en eau de la Région Métropolitaine de São Paulo (RMSP) géré par une entreprise paraétatique, la SABESP (Companhia de Saneamento Basico do Estado de Sao Paulo), atteint désormais ses limites. Les projections à moyen terme mettent en évidence le rôle stratégique du bassin versant de Cabeceiras-Tietê (Porto, 2003). Cette région, d'une superficie de 1690 km² gérés par neuf communes contribue avec une production moyenne de 8.6 m³ s⁻¹ à 15% de l'approvisionnement de la RMSP. C'est le seul bassin où il soit encore possible d'augmenter le captage de l'eau. La production d'eau y entre cependant en compétition avec deux autres fonctions du fait de sa localisation périurbaine: la fonction de réserve foncière pour l'extension de la ville, en particulier pour le logement des populations les plus démunies, et la fonction de production horticole, pour l'approvisionnement de la ville en produit frais.

La législation de contrôle (Lei de Proteção dos Mananciais) de l'occupation des sols mise en place dans les années 70 n'a pas permis de contrôler de façon significative l'urbanisation désordonnée des bassins versants par les populations économiquement exclues du centre et de réorienter la croissance de la ville (Bellenzani, 2000; Marcondes, 1999). On estimait en 1996 que plus d'un million de personnes vivaient dans les zones protégées de la seule commune de São Paulo dans des conditions socio-économiques

extrêmement précaires. Les lotissements illégaux qui s'y trouvent manquent la plupart du temps d'infrastructures de base, en particulier de système d'assainissement et génèrent d'important processus de pollutions organiques diffuses, qui affectent les réserves d'eau.

Le bassin versant de Cabeiceras-Tietê, dont 64% du territoire est protégé, est aussi une région traditionnelle de production horticoles irriguées pour l'approvisionnement de la métropole. La demande agricole en eau dans la région de Cabeiceras-Tietê, est ainsi estimée à $2.53 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Porto, 2003), ce qui représente 18% de la consommation totale du bassin (36% sont utilisés par les usages industriels). La construction en cours de deux réservoirs supplémentaires doit permettre d'augmenter la capacité de production d'un système de captage formé de trois réservoirs en cascade, plusieurs canaux d'adduction, deux stations principales de traitement d'eau potable d'un potentiel de production actuel de $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (plus trois stations isolées de petites capacités dont l'un directement géré par une municipalité) et d'une station élévatrice. Ce système ou SPAT (Système Producteur de l'Alto-Tietê) initialement conçu pour contrôler les inondations dans la zone urbaine à l'aval, a été transféré depuis peu à la Sabesp.

Comme dans toutes les régions périurbaines, les différentes modalités d'usage du sol et les utilisations de l'eau correspondantes, sont fortement imbriquées dans des schémas spatiaux en mosaïque et dynamiques (Allen *et al.*, 1999). Ces dynamiques sont portées par un marché foncier très actif à la fois illégal mais institutionnalisé (Bueno, 2004).

A partir de 1995, en accord avec la nouvelle politique de gestion intégrée de l'eau, des comités de bassins, composés à parts égales de représentants d'institutions de l'état, des communes et de la société civile (organes de recherche, associations de quartiers, corporations, ONG, etc.) sont créés comme instances de discussion et de concertation (Porto *et al.*, 1999). Une agence de bassin est chargée de mettre en œuvre les mesures élaborées par les comités avec l'appui d'un fond financier spécifique. Le sous-bassin de Cabeiceras Tietê est l'un des six bassins versant métropolitain de l'Alto-Tietê. Des études soulignent cependant les difficultés de fonctionnement des comités de bassins, fragilisés par les fortes asymétries d'information et de pouvoir de décision entre une société civile fragmentée et mal représentée, les puissants méga-acteurs sectoriels et des municipalités confrontées à des stratégies individuelles et électorales de court terme (Ducrot *et al.*, 2003; Neder, 2000). Toutes ces difficultés, courantes dans les instances de discussion participatives de gestion de l'eau comme les comités de l'eau français (Cacquard, 2001; Latour & Le-Bourhis, 1995), sont d'autant plus difficiles à résoudre dans le cas étudié que les inégalités de formation et de pouvoir politique sont particulièrement fortes. Le renforcement de ces institutions suppose en particulier une plus grande participation des acteurs les plus marginalisés dans les processus de négociation. En effet, l'évolution de la législation de l'eau entend donner une place plus importante aux concertations, soit à l'échelle des bassins versant (établissement des plans de bassin), soit au niveau local (flexibilité dans l'établissement de mesures locales adaptées). Ainsi, le comité de bassin de Cabeiceras Tietê est en train d'élaborer son plan de bassin. Or de nombreuses dissensions existent au sein du comité sur la place à accorder aux activités agricoles: compétitive et polluantes, ces activités jouent également localement un certain rôle socio-économique. Afin de faciliter ces concertations, le projet Negowat teste dans le bassin versant de Cabeiceras-Tietê une approche de modélisation d'accompagnement (Barreteau, 2003). Elle est fondée sur le développe-

ment participatif de supports de médiation combinant modèle de simulation multi-agent et jeux de rôle, afin de permettre aux acteurs de construire une représentation partagée des bassins versants et d'explorer leur fonctionnement hydrologique, économique et social.

LA COMBINAISON D'UN MODELE MULTI-AGENT AVEC DES JEUX DE ROLES AFIN D'ARTICULER DIFFERENTES ECHELLES DE CONSULTATION

Nous intéressons ici au développement de modèle de simulation comme support d'aide à la décision collective c'est-à-dire comme support de médiation pour les concertations multi-acteurs. Ces supports, qui comme tout système d'aide à la décision doivent être transparent et légitime aux yeux des acteurs, visent à permettre l'expérimentation d'alternatives de gestion mais aussi de modes de négociation entre acteurs en vue de faciliter la compréhension réciproque et les processus d'apprentissage sociaux (Pahl-Wostl, 2002). Dans ce but, nous avons choisi de mettre l'accent sur le développement d'outils qui traitent non seulement les relations entre acteurs et ressources—eau et sol pour ces bassins versants peri-urbains—mais aussi entre acteurs eux-mêmes.

Un modèle multi-agent représentant le fonctionnement global du bassin versant

Le modèle de simulation multi-agent, nommé SPATMAS, est développé sur la plateforme de simulation Cormas (Bousquet, 1998): il s'agit d'une plateforme spécifiquement élaboré pour la gestion des ressources naturelles. Cette plateforme, qui utilise le langage orienté objet "Smalltalk", permet de simuler les interactions entre des groupes d'agents, entités informatiques autonomes capable de percevoir et d'agir sur leur environnement, de faire des choix, et de communiquer (Ferber, 1995) représentant les différents acteurs qui agissent de différentes façons sur une ressource commune. Elle permet de représenter: (a) des agents localisés sur une grille spatiale, qui interagissent et communiquent, à travers le support spatial ou l'échange de messages, (b) des cellules, qui définissent le support topologique des agents localisés, une cellule représentant la plus petite portion d'espace homogène de l'environnement. Cormas a la particularité de permettre de représenter des entités spatiales composées et hiérarchisées, définies comme des agrégats de cellules. Cette fonctionnalité permet ainsi de représenter sur un même espace différentes unités spatiales correspondantes aux unités de gestion spécifiques des différents acteurs: alors qu'un propriétaire foncier ne peut intervenir que dans les limites de sa propriété, le maire d'une commune est chargé de la gestion du territoire communal dans son ensemble.

Le modèle SPATMAS combine ainsi (a) une représentation spatiale de la partie de captage du bassin versant permettant de rendre compte de l'évolution des modalités d'occupation de l'usage du sol; (b) une représentation des principaux acteurs—gestionnaire du système d'approvisionnement en eau, gestionnaire des réservoirs, maires des différentes communes, résidents urbains et ruraux. Les interactions avec les ressources sont limités à la représentation de deux principaux processus: développement d'infrastructure d'eau potable et d'assainissement, par les communes et la firme d'eau, urbanisation du bassin versant, à travers des règles de changement de caractéristiques d'usage du sol en fonction de l'évolution du nombre de résident

urbain, en fonction d'hypothèse de croissance, (c) une représentation du fonctionnement hydrologique du bassin versant qui repose sur un modèle d'allocation de l'eau de type arc-nœud et une représentation des processus de qualité. Fin août 2004, seuls les modules d'allocation et la base spatiale étaient développés.

Représentation spatiale Plusieurs couches d'un système d'information géographique, dont une carte d'usage du sol obtenue par traitement d'image satellite, ont été importée dans la plateforme Cormas, sous la forme d'une quadrillage formées de 5136 cellules de 25 ha inséré dans une grille de 10 863 cellules. La taille de la cellule résulte d'un compromis entre niveau de précision, données disponibles et rapidité de traitement informatique, nécessaire pour pouvoir accompagner des processus de discussions dans un laps de temps raisonnable. Chaque cellule est notamment dotée d'une caractéristique unique d'usage du sol. La carte distingue ainsi 12 grands types d'usage du sol, incluant forêt primaire ou secondaire, reforestation, horticulture (irrigué), cultures autres (non irrigués), zones urbaines, végétation de bas-fonds. L'agrégation de cellules permet également de représenter les limites communales, les limites de 18 sous-bassins versants ou unités hydrologiques, et des unités geo-morphologiques spécifiques (zones de bas fonds, de pente élevé et de collines intermédiaires). Cette dernière unité permet définir des zones où certains modes d'usage du sol sont peu probables. Par exemple, le développement de l'horticulture est limité par le coût prohibitif de l'irrigation sur les zones pentues. Ces règles d'usage du sol sont déterminées à partir d'enquêtes réalisées auprès des principaux acteurs sociaux, visant à caractériser leurs stratégies d'usage du sol et de l'eau.

Représentation des principaux acteurs. Le module social prend en compte quatre grand types d'acteurs: les municipalités, qui gèrent un territoire communal à travers: (a) la définition de plans d'occupation du sol orientant théoriquement l'urbanisation; (b) une politique de contrôle des opérations immobilières plus ou moins efficace: les entreprises d'approvisionnement en eau qui gèrent les stations de traitement (nœud de demande) en fonction de la demande urbaine et investissent dans les réseaux d'approvisionnement en eau et d'assainissement; l'organisme chargé de la gestion du SPAT, qui contrôle les niveaux dans les rivières; les populations représentées sous la forme de communautés localisées au niveau de cellules, dotées d'un taux de croissance, dont la présence modifie la variable de densité locale, et la demande en eau. Ainsi certains agents agissent directement sur les variables de contrôles des nœuds de demande, d'autres sur les possibilités d'usage du sol, les densités d'occupation par cellules ou sur les infrastructures d'assainissement. Les interactions entre agents portent sur les priorités d'investissements et d'allocation de l'eau entre demandes.

Représentation du fonctionnement hydraulique: allocation de l'eau Il s'agit d'un modèle d'allocation de l'eau basée sur une représentation traditionnelle de type arcs-nœuds (Pouget, 2004) développée sous la plateforme Cormas. La représentation a volontairement été simplifiée: contrairement à un modèle développé sous la plateforme AQUANET et utilisée par la Sabesp, il n'y a pas de recours à l'optimisation pour calculer les allocations de l'eau (Nunes Roberto, 2002). Ces allocations sont gérées à travers la définition: (a) de demandes objectifs définie à l'aval des nœuds de barrages ou à des points de gestion spécifique du réseau pour régler le fonctionnement du

système, (b) des nœuds de consommation fixant des demandes hiérarchisées par micro-bassin versant en fonction des modalités d'usages du sols agrégés, (c) des nœuds de demande spécifiques: station élévatrice ou de traitement d'eau, station de traitement d'eau usée, grosses industries consommatrices localisées.

Ce modèle présente la particularité de représenter chaque élément hydraulique structurant du réseau à travers deux représentations: l'un comme nœud (nœud de barrage, nœud de demande par exemple) et l'autre à travers sa représentation spatiale (une cellule ou un agrégat de cellules). Ceci permet de relier les évolutions de l'usage du sol (traitées dans le module spatial) et de demande en eau (traitée et intégré dans le module d'allocation de l'eau). Le pas de temps de simulation choisi étant le mois, les contributions ne prennent pas en compte l'impact de l'usage du sol sur le ruissellement.

Qualité de l'eau La représentation des processus de qualité est en cours de développement. Il existe peu de données fiables en matière de limnologie des réservoirs qui ont été peu étudiés jusqu'à présent. Aussi, ces processus seront-ils simplifiés à travers trois grandes fonctions: (a) une fonction de contribution de chaque entités micro-bassin versant en azote et phosphore en fonction des modes d'usages du sol, de la densité d'occupation et des infrastructures d'assainissement; (b) une fonction représentant l'évolution de la pollution organique au sein des réservoirs; (c) une fonction permettant de représenter les risques de floraison d'algues, la principale préoccupation des gestionnaire des réservoir, en fonction de la charge organique et de certains paramètres climatiques.

La dynamique du modèle, construite sur un pas de temps mensuel, porte sur: (a) l'évolution des caractéristiques d'usage de sol de chaque cellule, contrôlée soit par les caractéristiques géomorphologiques soit par certains types d'agent, (b) l'allocation de l'eau en fonction de l'évolution des demandes par micro-bassin selon l'évolution des modalités d'usage du sol et la densité d'occupation, (c) évolution de la qualité contrôlée par l'évolution des modalités d'usage du sol et l'installation d'infrastructures d'assainissement, fonction de règles de priorités d'investissement qui restent à mieux définir.

Les règles d'usage du sol sont déterminées à partir d'enquêtes réalisées auprès des principaux acteurs sociaux, visant à caractériser leurs stratégies d'usage du sol et de l'eau. Chaque modalité d'usage du sol est dotée d'une caractéristique de demande en eau, et de potentiel de pollution organique qui sont agrégés au niveau de l'entité spatiale "micro-bassin versant" et transmis dans le modèle d'allocation. Chaque cellule peut être occupée par un certains nombre de famille, en fonction d'une capacité de support maximal liée à l'usage du sol. Des entités informatiques représentant infrastructures d'assainissement ou d'eau potable correspondant à des réseaux isolés ou connectés peuvent également être affectés sur la cellule.

Les interfaces de résultats Les résultats des simulations sont présentés soit au niveau de la carte spatiale raster en couleur (Fig. 1) ou dans des graphes (Fig. 2) représentant l'évolution d'indicateurs utilisé par les acteurs dans leur processus de gestion (par exemple pour les allocations de l'eau) ou d'évaluation des impacts sociaux et économiques des décisions prises. Ainsi, la carte permet de représenter plusieurs points de vue (à la même échelle).

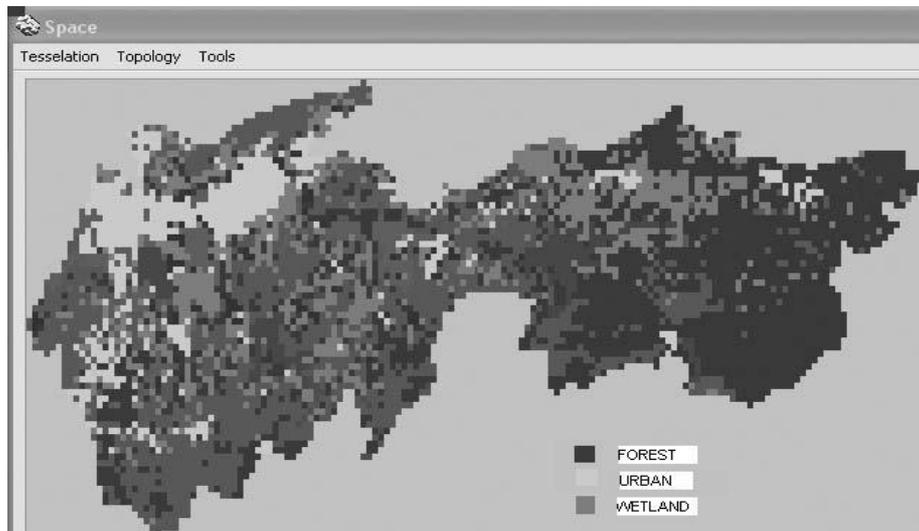


Fig. 1 Représentation de la carte d'usage du sol (normalement représenté en couleur).

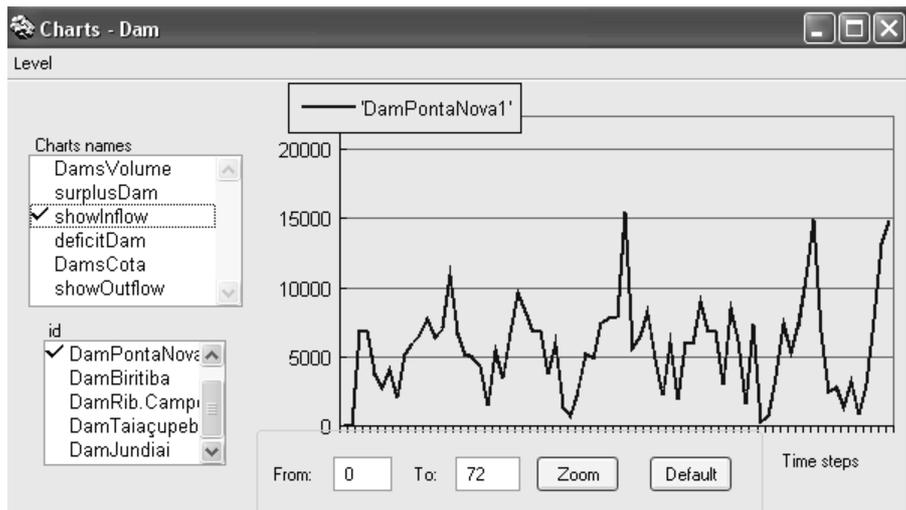


Fig. 2 Exemple d'une interface: évolution du volume par pas de temps dans le réservoir de PontaNova.

Le développement de deux types de jeux de rôles

Parallèlement, des jeux de rôles sont en cours de développement: il s'agit de jeux de simulation permettant de représenter sous forme simplifiée un système, dans lequel les participants assument plusieurs rôles—représentant les acteurs du système environnemental étudiés. Le jeu s'organise autour d'un scénario donné dans lequel les joueurs doivent interagir entre eux, prendre des décisions, et les mettre en œuvre sur plusieurs tours de jeu.

Trois prototypes de jeux sont en cours de développement. Le premier (JogoMan ou "Jogo Dos Mananciais", jeu des "mananciais") repose sur la représentation simplifiée des stratégies d'investissements du modèle SPATMAS, sur un bassin versant virtuel composé de plusieurs municipalités et d'un réservoir. Les joueurs (représentant les

maires, le gestionnaire d'une firme d'eau, des propriétaires, un représentant de migrants à la recherche de logement) prennent des décisions en matière d'usage du sol (type d'usage, construction), ou d'investissement en infrastructures hydrauliques ou d'assainissement. Les conséquences sur les résultats économiques des joueurs et sur la qualité de l'eau du réservoir sont simulées informatiquement dans la plateforme Cormas et restituées aux acteurs. Les sessions de jeux sont organisées de façon à permettre à l'issue de chaque tour une évaluation collective de la situation du bassin sous la forme d'une réunion de comité de bassin. Ce prototype est en phase de test. Une variante de ce jeu est en train d'être adaptée pour centrer les discussions sur les plans d'occupation des sols et stratégies d'investissements au niveau communal en s'appuyant sur les législations spécifiques de bassins en cours de développement. En vue de faciliter la compréhension des processus hydrologiques, une première partie du jeu sera développée sur une maquette sur laquelle les joueurs pourront directement intervenir, avec une représentation des processus qualitatifs par des billes de couleurs différentes (eau brute, eau potable, eau usée). La maîtrise de ces processus permet alors de passer à un jeu informatisé en recentrant les discussions sur les négociations autour de la planification d'usage du sol. Un troisième jeu informatisé en cours de développement est centré sur les mécanismes d'allocation de l'eau et d'évolution de la qualité dans un système composé de trois réservoirs en cascades. Ce jeu a pour objectif d'explicitier le fonctionnement du modèle biophysique et les supports d'information (graphes, cartes) du modèle SPATMAS qui sont susceptibles d'être utilisés dans les discussions. L'objectif est d'avoir à terme une combinaison d'outils de discussions reposant sur les mêmes règles de fonctionnement, socialement validée, qui puissent être utilisés séquentiellement par niveau de complexité et d'échelle spatiale, afin d'amener les acteurs locaux à mieux comprendre les processus en jeu et de pouvoir effectivement participer à des discussions plus complexes.

CONCLUSION

Nous avons fait le choix de simplifier la représentation des processus biophysiques: l'enjeu est plus d'avoir un cadre global de représentation socialement validé par l'ensemble des acteurs qu'une représentation fine des processus biophysiques qui ne ferait sens que pour certains acteurs, d'autant plus que certaines informations sont fragmentaires comme dans de nombreux bassins peri-urbains (Wolosoff, 2002). L'utilisation de modèles biophysiques simplifiés, dont les résultats sont utilisés non pour leur valeur prédictive mais comme illustratifs se révèlent intéressants dans les approches participatives (Voinov *et al.*, 2004).

Dans notre approche, nous faisons l'hypothèse que ce ne sont pas tant les résultats des simulations qui permettent de faciliter les processus de concertation mais les processus de modélisation lui-même, d'élaboration de scénarios communs et de discussion de leur simulation. Les différentes étapes du processus de modélisation et de discussion visent à éclairer réciproquement les points de vues, valeurs et sensibilités aux risques des acteurs, y compris des chercheurs impliqués. L'utilisation combinée de ces outils en tant que support d'aide à la négociation interviendra dans le cadre d'ateliers de discussion coordonnés comprenant: des sessions de jeux de rôle visant à faciliter la compréhension du cadre conceptuel et des représentations utilisées, atelier(s)

d'élaboration de scénarios suivi en dernière instance d'un ou de plusieurs atelier(s) de simulation (SPATMAS) et de discussions de ces scénarios. L'organisation précise de ces ateliers et leurs séquences est encore à définir avec le comité de bassin.

Remerciement Le projet de recherche Negowat (ICA4-CT-2002-10061) est financé par le programme INCO de l'Union Européenne et la Fapesp, que nous remercions pour leur appui. Nous remercions également les membres du comité de bassin de Cabeiceras-Tietê et Guarapiranga et les populations des régions de Parallelos e Balainho.

REFERENCES

- Allen, A., Silva, N. D. & Corubolo, E. (1999) Environmental problems and opportunities of the peri-urban interface and their impact upon the poor. Discussion paper. Development Planning Unit, UCL, London, UK.
<http://eprints.ucl.ac.uk/archive/00000037/>
- Barreteau, O. (2003) Our companion modeling approach. *J. Artificial Societies and Social Simulation* **6**, <http://jasss.soc.surrey.uk/6/2/1.html>
- Bellenzani, M. L. R. (2000) A APA Municipal do Capivari-Monos como uma estratégia de proteção aos mananciais da região metropolitana de São Paulo. *PROCAM*. USP, São Paulo, Brazil.
- Bousquet, F., Bakam, I., Proton, H. & Le Page, C. (1998). Cormas: common-pool resources and multi-agent systems. *Lecture Notes in Artificial Intelligence* **1416**, 826–838.
- Bueno, A. K. & Reydon, B. P. (2004) As áreas de proteção dos mananciais e o mercado imobiliário informal: um estudo sobre os loteamentos ilegais na Bacia do Guarapiranga. *ANPPAS* (maio de 2004). Indaiatuba, São Paulo, Brasil.
- Cacquard, S. (2001) Des cartes multimedias dans le débat public: pour une nouvelle conception de la cartographie appliquée a la gestion de l'eau. Thesis, Département de Géographie, Université de Saint-Etienne, France.
- Ducrot, R., Jacobi, P., Monteiro, F., Braban, V. & Carvalho, Y. (2003) De la métropole aux communautés locales de la périphérie. Comment articuler les différentes échelles de gestion de l'eau dans les bassins versant péri-urbains de São Paulo, Brésil? Séminaire PCSI, *Gestion intégrée de l'eau par bassin versant* (décembre 2003). Montpellier, France (in press).
- Ferber, J. (1995) *Les systèmes multi-agents: vers une intelligence collective*. InterEdition, Paris, France.
- Latour, B. & Le-Bourhis, J.-P. (1995) Donnez-moi de la bonne politique et je vous donnerai de la bonne eau. Rapport sur la mise en place des Commissions Locales de l'Eau pour le compte du Ministère de l'Environnement (contrat DRAEI no. 93237). Centre de Sociologie de l'Innovation, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris, France.
- Marcondes, M. J. d. A. (1999) *Cidade e natureza: proteção dos mananciais e exclusão social*. Studio Nobel: Editora da USP: FAPESP, São Paulo, Brasil.
- Neder, R. T. (2000) *Avaliação da capacidade governativa de comitê de bacia hidrográfica metropolitana: um caso exemplar em São Paulo*. USP/ESALQ, Piracicaba, Brasil.
- Nunes Roberto, A. (2002) Modelos de rede de fluxo para alocação da água entre múltiplos usos em uma bacia hidrográfica. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Pahl-Wostl, C. (2002) Toward sustainability in the water sector: the importance of human actors and processes of social learning. *Aquatic Sciences* **64**, 394–411.
- Porto, M. (2003) Recursos hídricos e saneamento na Região Metropolitana de São Paulo: um desafio a tamanho da cidade. Banco Mundial, Brasília, DF, Brasil.
- Porto, M., Porto, R. & Azevedo, R. G. A. (1999) A participatory approach to watershed management: the Brazilian system. *J. Am. Water Resources Assoc.* **35**, 675–683.
- Pouget, J. C., Bellaubi, F., De Sa, A., Habib, Z. & Le Goulven, P. (2004) Un environnement de modélisation pour tester l'allocation de ressources en eau: HyD2002 et ses applications. Séminaire PCSI, *Gestion intégrée de l'eau au sein d'un bassin versant* (décembre 2003). Montpellier, France (in press).
- Prette, M. E. D. (2000) Apropriação de recursos hídricos e conflitos sociais: a gestão das áreas de proteção aos mananciais da região metropolitana de São Paulo. *Departamento de Geografia, FFLCH*. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Voinov, A., Gaddis, E. J. & Vladich, H. (2004) Participatory spatial modeling and the septic dilemma. In: *Complexity and Integrated Resources Management* (ed. by C. Pahl-Wostl, S. Schmidt & T. Jakeman) (iEMS 2004 International Congress, Osnabrueck, Germany, June 2004). International Environmental Modelling and Software Society, <http://www.iemss.org/iemss2004/pdf/particip/voinpart.pdf>
- Wolosoff, S. E. & Endrey T. A. (2002) Scientist and policy-maker response types and times in suburban watersheds. *Environ. Manage.* **29**, 729–735.