

Chapitre 7

Représenter l'espace pour structurer le temps : la modélisation intégrée du delta intérieur du Niger au Mali

7.1. Résumés

7.1.1. *Résumé français*

La modélisation intégrée du delta intérieur du Niger est un processus continu, qui implique des acteurs de la recherche scientifique pluridisciplinaire pour le développement, des fournisseurs de données et des utilisateurs du concept de gestion intégrée. Elle est appliquée ici à une région inondable à haute productivité naturelle, dans un pays africain en voie de développement. Les organisations spatiales et temporelles sont fondées, dans la réalité et dans le modèle, sur les aires inondées et sur les rythmes saisonniers et irrégularités interannuelles de l'inondation. Ces organisations constituent les points d'appui concrets qui permettent d'illustrer les multiples intégrations régionales souhaitées (savoirs et outils conceptuels des différentes disciplines, échelles, acteurs, systèmes de production). La modélisation, dont le prototype est montré ici, est destinée à être un outil de réflexion, de dialogue et de négociation pour la gestion régionale, à tous les niveaux et entre tous les acteurs.

7.1.2. *Résumé anglais*

Integrated modelling of the inland delta of the Niger river is a continuous process, involving (action-) researchers from various disciplines, data providers, and

users of the concept of integrated management. The method is applied to a flood plain with a high natural potential production, in an African developing country. The spatial and temporal organisations are based, in the model as well as in reality, on the geometry of the flood plains, the seasonal rhythm of the inundation and their variability from one year to the other. This organisation provides concrete supports, allowing us to illustrate the multiple regional integration levels (knowledge, conceptual tools of different disciplines, scales, actors, production systems). Integrated modeling, of which we present the prototype here, is meant to be a tool to promote the consideration, the dialogue and the negotiation for a regional management at all levels and between all actors.

7.2. Problématique

L'objectif de l'opération scientifique de modélisation intégrée du delta intérieur malien est de faire prendre conscience de l'importance de la gestion intégrée ; le moyen choisi est de proposer des simulations et non des réponses. La notion de gestion intégrée des ressources naturelles, associée à celle de durabilité, est largement diffusée dans les pays développés par les organismes internationaux (notamment à l'issue de la Conférence de Rio, 1992), mais elle reste assez floue. Dans les problématiques « sociétés et environnements ruraux » d'un pays pauvre comme le Mali, les concepts, les outils et les procédures susceptibles de conduire à des définitions et à des pratiques de gestion intégrée manquent en grande partie, mais la volonté politique en est affirmée depuis le début des années 1990 (*Schéma Directeur du Gouvernement Malien*, 1992). Le projet de modélisation du delta intérieur constitue, dans ce pays, la première opération scientifique explicitement destinée à concevoir et à expérimenter un système qui soit :

- capable d'assurer l'intégration dans trois domaines : entre disciplines scientifiques, entre systèmes de production directement liés à l'hydrosystème, entre acteurs impliqués dans sa gestion et son développement ;
- susceptible d'exploiter les résultats de recherches scientifiques menées depuis une vingtaine d'années, notamment en hydrologie, en hydrobiologie et en sciences sociales ;
- destiné à susciter l'activité scientifique et les échanges permanents entre les opérateurs de la modélisation et les acteurs de la gestion ;
- capable de montrer à tous les acteurs de sa gestion la cohésion spatiale de l'hydrosystème inondable.

La mise en œuvre de l'opération de modélisation a été déclenchée par plusieurs événements favorables concomitants :

- la constitution d'une équipe pluridisciplinaire de chercheurs de l'IRD, noyau dur de l'opération,

- l'organisation opérationnelle du groupe de travail *Cerdin*, lequel organise (entre autres fonctions scientifiques) l'environnement scientifique et technique des utilisateurs maliens de la modélisation,
- la formalisation du chantier scientifique de la *zone atelier du delta intérieur du Niger* sur un financement du *GIP Hydrosystèmes* (France).

L'ensemble de cet environnement scientifique a permis de mettre en œuvre les orientations de recherche suivantes :

- réfléchir sur le territoire efficace (nécessaire et suffisant, en superficie et en contenu dynamique) pour la compréhension et la gestion des hydrosystèmes inondables,
- restituer la diversité spatiale et la dynamique des phénomènes en cause,
- aborder les phénomènes naturels sous influence anthropique en s'attachant simultanément aux composantes physiques, chimiques, biologiques, sociales, économiques, tout en tenant compte des différences d'échelles.

En effet, l'importance exceptionnelle du delta intérieur comme système naturel productif, l'intérêt des systèmes sociaux mis en place et transformés dans le temps de l'histoire par ses habitants, le rôle de la région naturelle dans le produit national brut, étaient déjà démontrés dans toute leur complexité [GAL 67, 84, QUE 94, VEE 90] : une modélisation de l'ensemble socio-environnemental à l'échelle régionale s'est imposée comme un élément des travaux scientifiques à programmer dans le cadre de la coopération scientifique entre le Mali et l'IRD.

Le delta intérieur est un système naturel saisonnier et contrasté, exploité par des systèmes sociaux fortement structurés pour l'exploitation de ressources naturelles renouvelables [PON 99, 00]. Les enjeux de son développement sont à la fois environnementaux (conservation de la biodiversité, des fertilités et de la productivité biotique naturelle) et économiques (production de produits vivriers de haute valeur et exportés). La modélisation s'inscrit alors dans la problématique de développement suivante : comment ce système organisé et exploité va-t-il évoluer sous la pression démographique, les changements climatiques, l'évolution technique, l'impact d'aménagements hydrauliques et agricoles, l'impact de la décentralisation ?

7.3. L'organisation des acteurs

Le noyau scientifique IRD a été l'initiateur (1997) et le principal opérateur dans le programme de recherche GIHREX¹ (1997-2000). Il a été entouré par la plateforme pluridisciplinaire et pluri-institutionnelle *Cerdin*. Les institutions représentées dans *Cerdin* sont toutes maliennes ; leur organisation propre et le dispositif

1. *Gestion Intégrée, Hydrologie, Ressources et systèmes d'Exploitation*, programme du département *Milieus et Environnement* de l'IRD.

structurel malien les placent à la fois dans le champ technique (recueil et gestion de données en routine) et dans le champ scientifique (analyses de ces données, réponses d'experts sur des problèmes d'environnement-développement, recherche-action) et aux deux échelles d'intervention, nationale et régionale. Il faut noter que le territoire national malien est organisé en *régions administratives*, dont aucune ne correspond à la région naturelle du delta intérieur. Celle-ci est concernée par trois régions administratives (Ségou, Mopti, Tombouctou), qui incluent aussi des « pays » de savane arborée et de steppe, très différents du delta. Le niveau d'organisation « région naturelle » (le delta intérieur dans son ensemble, de Ké-Macina à Tombouctou) n'est actuellement reconnu comme tel que par les acteurs scientifiques et, dans une certaine mesure, par les producteurs-paysans. La modélisation *intégrée* est justement destinée à matérialiser l'unité fonctionnelle de l'hydrosystème devant *tous* les acteurs de sa gestion.

Les institutions de la plate-forme *Cerdin* sont les suivantes :

- le centre national de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), président du groupe *Cerdin*,
- l'institut d'Economie Rurale (IER),
- la direction nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE),
- la direction nationale de la Météorologie (DNM),
- la direction nationale de l'Appui au Monde Rural (DNAMR),
- la direction nationale de l'Aménagement et de l'Équipement Rural (DNAER),
- la faculté des Sciences et des Techniques (FAST), université du Mali,
- la faculté des Lettres, des Arts et des Sciences Humaines (FLASH), université du Mali.

Le rôle de *Cerdin* est de coordonner les activités de recherche destinées à identifier et à analyser les impacts de la disponibilité en eau sur la production de ressources naturelles et sur les systèmes d'exploitation dans le delta intérieur. Son approche est globale et sa démarche fédératrice des disciplines impliquées. Le CNRST joue ce rôle fédérateur en facilitant la diffusion de l'information et l'organisation de réunions. L'IER est l'un des acteurs maliens investis dans la recherche et dans la mise en valeur des ressources agricoles et pastorales, entre autres celles liées à l'eau, alors que les aspects développement-aménagement sont du domaine des ministères et des directions nationales.

Le groupe de travail *Cerdin* a deux objectifs déclarés :

- assurer la rentabilité des systèmes d'exploitation au niveau des paysans producteurs ;
- assurer durablement la paix sociale aux différents niveaux d'organisation des gestions, des productions et des arbitrages.

La participation de la recherche scientifique à la réalisation de ces objectifs s'est donc matérialisée, à partir de 1997, dans un projet sur le delta intérieur associant l'IRD et le groupe *Cerdin* et dont les principaux volets sont :

- la construction d'une base de connaissances interactive,
- la modélisation intégrée de la région naturelle,
- et l'architecture d'un observatoire qui inclut, parmi d'autres, les deux termes précédents.

L'ensemble constitué par ces trois volets vise à accroître la capacité d'utilisation de l'information environnementale par tous les acteurs de la production et du développement. Il s'agit de faire naître une demande d'information qui soit à la fois permanente, consistante et exigeante et à laquelle les volets devront répondre de façon évolutive et constamment ajustée. Pour cette raison tout particulièrement, le terme de modélisation a été préféré à celui de modèle pour l'affichage de l'opération.

L'opération de modélisation, d'une part propose des réponses à un ensemble de questionnements politiques et scientifiques transverses aux institutions, d'autre part prend place dans des structures institutionnelles emboîtées plutôt que juxtaposées.

7.3.1. Les acteurs

Dans cet ensemble, on remarque que le producteur paysan n'est pas un acteur direct. Ses caractéristiques, son comportement, ses stratégies et ses attentes ont été transmises et transcrites par les acteurs scientifiques (les chercheurs IRD et IER principalement), soit directement (à partir de travaux antérieurs et actuels et d'enquêtes sur les systèmes de production au niveau des unités familiales), soit indirectement grâce aux documents et aux agents des organismes maliens à vocation spécialisée du développement rural régional (au sens *région administrative*) de la région de Mopti :

- opération *Pêche Mopti* (OPM),
- opération de *Développement de l'Élevage Mopti* (ODEM, dissoute en 1996),
- opération *Riz Mopti* (ORM).

Des relations fonctionnelles fortes existent entre les organismes des niveaux « national » et « régional » ; par ailleurs, la différence de rôle entre institutions de recherche et organes ministériels maliens n'est pas très grande. Cela tient entre autres au caractère très appliqué de la recherche scientifique malienne sur les ressources et aux actions de « recherche-action » qui sont préférentiellement financées par les bailleurs de fonds extérieurs.

7.3.2. Le positionnement des acteurs

Le schéma d'organisation montre la concentration des actions de la modélisation aux niveaux national et régional et la place importante du domaine « recherche » dans l'opération. Cela est aisément explicable par le poids des organismes publics dans toute la chaîne des actions de développement au Mali, par la concentration « organique » des décisions au niveau national (ce qui devrait changer avec la décentralisation) et par la faiblesse économique ou politique des autres secteurs de décision (entrepreneurs, producteurs ruraux, secteur tertiaire...).

Enfin, le niveau local met en valeur le rôle des programmes scientifiques menés depuis une dizaine d'années sur les sociétés du delta intérieur dans leurs relations avec les environnements naturels : ils ont montré le delta comme une entité géographique spécifique, dont il est nécessaire de prendre soin dans son ensemble.

7.4. Etapes et représentations spatiales

La production du prototype de modélisation s'est étalée sur un peu plus de deux années, entre les premiers contacts (à l'automne 1997) et la session de présentation-formation destinée aux partenaires maliens (février 2000). L'équipe des concepteurs qui a formé le noyau de la réalisation comprenait quatre personnes : un agronome-hydraulicien, un géographe, un biostatisticien et un modélisateur. Elle était répartie entre Bamako et Orléans et a travaillé en partie séparément, en partie en séances de travail communes de plusieurs jours, trois fois par an, à Bamako et à Orléans.

Pendant les épisodes de séparation, les communications étaient continues, par courrier électronique. Des réunions de travail intensif rassemblant toute l'équipe permettaient de critiquer les résultats, d'intégrer ou de discuter les suggestions des partenaires maliens, de préparer et de répartir le travail collectif. La pluridisciplinarité de l'équipe n'a pas empêché une homogénéité des perceptions, des objectifs et des méthodes, réalisée en partie grâce à la connaissance préalable que les membres avaient les uns des autres et surtout à une connaissance du terrain très détaillée par plusieurs d'entre eux. Les hypothèses de travail, les propositions et les orientations pouvaient ainsi être fondées sur des exemples concrets, dont la validité et l'intérêt étaient discutés sur des bases solides.

7.4.1. Un choix de simplicité géographique

L'option de spatialisation est apparue presque immédiatement dans l'histoire de la modélisation intégrée du delta intérieur (figure 7.1, cahier couleur, p. IV), bien qu'elle n'ait pas été affichée à son démarrage. L'expérience de l'équipe², les

2. [KUP 99, LAE 94, MOR 94, PON 94, 99].

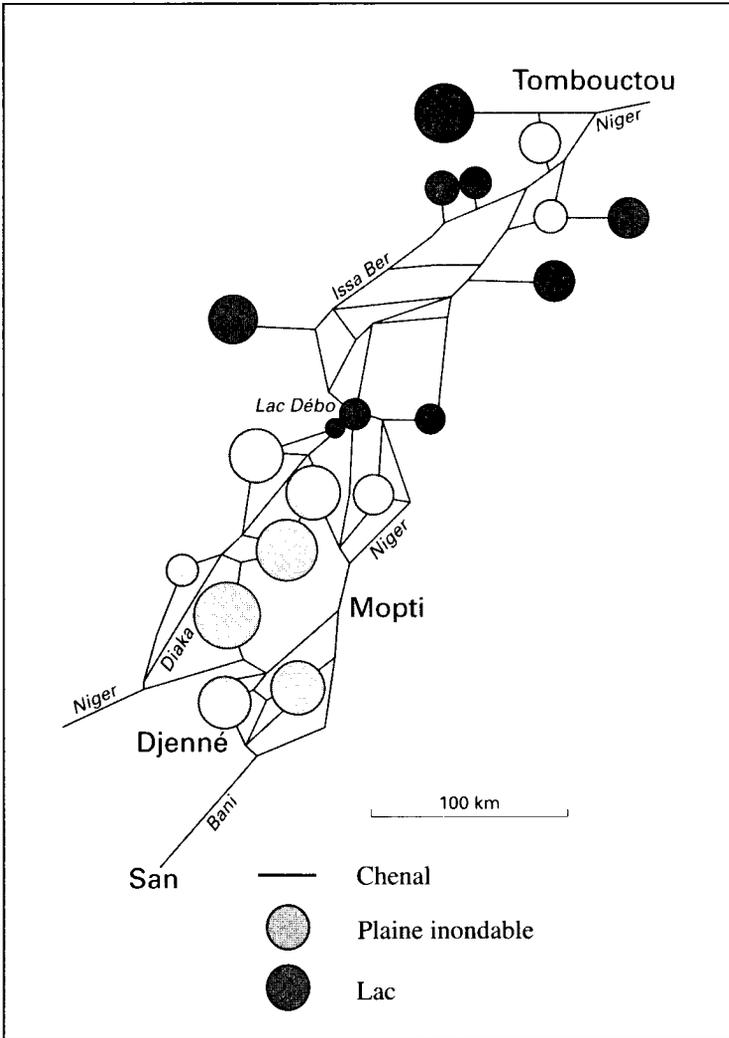
programmes scientifiques antérieurs de l'Orstom-IRD sur le delta³, les objectifs d'intégration, dirigeaient les réflexions communes vers le spatial et un premier modèle géométrique est proposé en décembre 1997. Il a servi de support aux choix thématiques qui ont suivi sur la pêche et sur la riziculture. Il est cependant récusé dans le courant du premier trimestre 1998 comme trop géométrique (il s'agissait d'un chorème à géométrie orthogonale afin de simplifier les fichiers numériques et les restitutions).

Un modèle plus « orthodoxe » est proposé en juin 1998, puis affiné jusqu'à la fin de 1998. La géométrie de ce second modèle est fondée sur l'emplacement géographique exact des connexions hydrographiques et sur les centroïdes des lacs et des plaines inondables. La simplification morphologique reste importante, mais le système informatique utilisé (qui a progressé entre temps) admet alors un plus grand nombre d'entités géohydrographiques : à la demande des hydrologues en particulier, des détails significatifs sont ajoutés à proximité des extrémités amont et aval du delta.

A la fin de 1998, le modèle géométrique et géographique est établi de façon satisfaisante, il ne sera plus modifié ensuite, bien que, de l'avis général, il aurait pu être légèrement simplifié. Avec 109 entités géohydrographiques (« géo » pour géographie et pour géométrie), organisées en trois fonctions hydrologiques (transmission, connexions, stockage), le modèle spatial est un compromis satisfaisant entre la nécessité de fonctionnalité hydrologique et celle d'une certaine légèreté numérique. La géométrie de l'hydrosystème ainsi tracée est le squelette auquel sont attachés tous les paramètres du modèle intégré, et auquel sont appliqués tous les mécanismes. Elle est aussi la base de toutes les restitutions, sous forme de cartes et de diagrammes localisés (cf. figure 7.2).

Une fois franchie cette étape fondamentale, deux couches thématiques ont été rapidement construites : définition des mécanismes hydrologiques, mesure ou calcul des paramètres orographiques attribués à chaque entité géographique (profondeur, pente, sens des connexions) ; définition des mécanismes hydrobiologiques pour la reproduction de la ressource poissons ; superficies des sols rizicoles ; effectifs des pêcheurs, des agriculteurs et des agropêcheurs (les acteurs de la production) dans chaque entité. En même temps, l'interface de présentation des simulations est définie comme une carte cinétique du delta, accompagnée de graphes localisés. Le pas de temps des simulations (quinze jours) est fixé très rapidement d'un commun accord. En revanche, la mise en concordance des calendriers halieutique, agricole et pastoral s'est révélée plus malaisée.

3. [BRU 86, CIP 82, OLI 95, QUE 94] ; [FAY 89, 94] ; [BOU 93, 94].



Le schéma hydrographique résume l'hydrosystème en trois types d'entités (chenaux, plaines, lacs), en respectant l'échelle et la position géographique de chaque entité et les dissymétries (entre Sud-amont et Nord-aval, entre bordure Ouest-rive gauche et bordure Est-rive droite). Chaque type d'entité correspond à une dynamique hydrologique, la dynamique de chaque entité est gouvernée par sa position dans l'ensemble. Les productions halieutiques, rizicoles et pastorales dépendent de ces dynamiques.

Figure 7.2. *Le chorème du Delta intérieur*

7.4.2. Les producteurs et leurs espaces

La mise au point des modules « ressources » n'a pas posé de problèmes notables, probablement parce que les concepts et les mécanismes de base étaient déjà exprimés depuis longtemps : c'est le cas en halieutique. Celle des modules relatifs aux acteurs de la production a été d'emblée beaucoup plus délicate à aborder. Les précédents expérimentés dans l'équipe (stratégies économiques des producteurs de riz dans un périmètre irrigué) n'étaient pas directement adaptables à la pluralité sociale du delta. Les hypothèses et les mécanismes proposés ont été récusés par les spécialistes (l'équipe malienne, notamment) qui invoquaient que l'échelle des décisions est familiale et qui illustraient l'extrême variété des stratégies de production : variétés et tendances ne pouvaient être ni identifiées ni validées avec les informations disponibles, elles étaient impossibles à généraliser de façon satisfaisante et consensuelle.

Le choix de l'équipe se porte alors (septembre 1998) sur un modèle de *comportement spatial* des acteurs, qui fait intervenir leurs déplacements à travers tout ou partie du delta. Ce choix a eu l'avantage de renforcer le caractère intégrateur du modèle et a permis de traiter de façon absolument concordante la pêche et la riziculture, ce qui était l'un des principes initiaux. Son bien-fondé a été renforcé par la disponibilité (pas immédiate) de données précises et à jour sur la variété des déplacements infradeltaïques, en distance, en durée et en quantité d'acteurs impliqués. En même temps, les déplacements de production halieutique et rizicole indiquent en filigrane l'organisation des droits sociaux sur les lieux de production (les technotopes halieutiques et le foncier agricole) et le problème – permanent – de la disponibilité de main d'œuvre en milieu rural. Ces deux allusions ont été importantes pour l'identification des variables de contrôle.

7.4.3. Les étapes de l'écriture du modèle

Au cours du premier semestre 1999, toutes les données étaient vérifiées et affinées, l'interface améliorée, les premiers paramètres de simulation et variables de contrôle proposés. Une maquette fonctionnelle, construite à Orléans, est présentée aux chercheurs et décideurs maliens en mai 1999. Elle est écrite sous *Mathematica* et tourne sur *Sun* sous *Unix*. Le dispositif est assez lourd et peu adapté aux configurations maliennes, qui sont à base d'ordinateurs PC. Les participants maliens aux réunions souhaitent vivement l'intégration de l'élevage, pièce maîtresse du système politique, social et économique du delta intérieur. Ils approuvent les paramètres de simulation et en suggèrent d'autres. Ils s'orientent aisément dans la représentation spatiale et proposent des améliorations de lisibilité de l'interface. En revanche, le fait que le modèle ne produise pas de paramètres de prédiction sous forme de tableaux de chiffres leur paraît décevant. L'argumentation en réponse (le modèle n'a précisément et volontairement pas été conçu pour cela) est acceptée : le modèle est conçu pour explorer les futurs et non pas prévoir. Alors qu'il est tout à

fait possible de faire des prévisions sur un processus physique comme la crue, il est impossible d'en faire sur des changements de comportement économique ou des stratégies d'exploitation.

L'achèvement du transfert d'écriture de *Mathematica* en *Java* est réalisé en juin, ce qui rend le modèle transportable sur cd-rom dans un premier temps et exploitable sur PC. La maquette est alors installée à Bamako et présentée en juillet 1999 à Mopti aux chercheurs et gestionnaires de la région sous l'autorité du gouvernorat, qui comprend immédiatement le rôle intégrateur d'un tel outil (figure 7.3, cahier couleur, p. V).

7.4.4. La formation des utilisateurs

A partir d'octobre 1999 plusieurs actions décisives sont menées :

- l'accès au modèle par Internet, grâce à l'écriture d'un applet Java,
- l'écriture (données et mécanismes) du module élevage, laquelle pose, comme le prévoyait l'équipe, beaucoup de problèmes statistiques et spatiaux ;
- la mise au point d'une interface conviviale, qui permet d'appeler des fonctions claires : outre la carte cinétique des simulations, l'affichage de diagrammes localisés au choix de l'opérateur, des connexions géographiques entre lieux de départ et lieux de destination des déplacements, des comparaisons entre entités géohydrologiques différentes, les résultats d'analyses de sensibilité localisées,
- la préparation d'une session de formation des membres du groupe *Cerdin* à Bamako sur une version complète, fonctionnelle et imparfaite, un véritable *prototype*.

La formation a eu lieu en février 2000 et a été l'occasion de projets d'affinement et de compléments qui sont actuellement en cours de réalisation (avril 2000) :

- améliorer l'interface (inscription des unités des paramètres de contrôle, simulation pas à pas, connexions, comparaisons),
- introduire de nouveaux paramètres : écrêtage de la crue, élevage,
- rendre le modèle sensible à tous les paramètres,
- introduire des processus qui font interagir les différents systèmes de production,
- introduire un module climatologie et production primaire,
- placer des toponymes plus nombreux sur les restitutions spatialisées.

Cette première formation a permis de dérouler toute la chaîne des raisonnements thématiques d'un scénario de simulation, qui ont conduit de l'hypothèse au choix des variables de contrôle pertinentes, puis à la pratique de la simulation et à l'affichage des résultats, enfin à l'analyse critique de ces résultats. L'un des

scénarios expérimentés était fondé sur l'hypothèse de la densification des usages, un sujet préoccupant aux divers niveaux de la gestion économique et politique.

7.4.5. La spatialisation du modèle

Pour conclure, revenons sur trois points importants relatifs à la spatialisation dans le modèle.

L'option spatiale, qui paraissait incontournable à certains membres de l'équipe dès le départ, n'était pas une évidence *a priori*. Ce sont les premières présentations géohydrographiques qui ont convaincu l'ensemble des acteurs, lesquels ont participé ensuite à leur amélioration ; celle-ci a été rendue possible par les performances des outils techniques acquis en cours d'opération (*Java* notamment).

Les documents de base pour construire le modèle spatial (en topographie et en orographie) ne manquaient pas, bien que certains soient incomplets, anciens ou à des échelles peu adéquates. En revanche, les statistiques nationales et régionales destinées à alimenter les *données* intégrées au modèle étaient plus difficiles à traiter, à exploiter et à attribuer à des objets géohydrographiques, car fréquemment présentées à des niveaux géographiques inadaptés. On a constaté à l'occasion de cette modélisation que l'information utile devait descendre jusqu'au niveau de l'unité de production : sous cette forme, elle existait sur la pêche, mais ni sur la riziculture ni sur l'élevage.

L'élevage bovin transhumant a posé davantage de problèmes pour son intégration cohérente à l'ensemble des deux autres systèmes de production : la dissociation spatiale permanente entre propriétaire-acteur, berger-acteur (acteur différent du propriétaire), pâture-ressource, troupeau-produit devait cependant être résolue. L'une des solutions a été de faire du troupeau l'acteur unique de la production. Le troupeau se déplace alors – comme la main d'œuvre agricole – d'entité géographique en entité géographique selon les disponibilités (ou plutôt ici l'épuisement) des pâtures-ressource ; il a fallu modéliser la capacité de charge en bovins de chaque entité géohydrographique du delta en fonction de ses paramètres orographiques et schématiser un espace des pâtures hors du delta.

7.5. Caractéristiques et fonctions des représentations spatiales dans la modélisation

Nous sommes ici à la frange de la fonction habituelle d'un SIG, qui est la fabrication de nouvelles données spatialisées ; le concept d'*espace* est matérialisé sous la forme d'une base de données localisées et sa fonction est d'assurer *le contrôle du système de modélisation multi-agents* au moyen d'entités géohydrologiques placées dans un SIG. Le système est constitué par les entités

comportementales (des agents groupes d'agriculteurs, groupes de pêcheurs, groupes de bovins) et les entités spatiales (agents zones hydrologiques, zones de pêche, zones de riziculture, zones de pâture). C'est « l'environnement » (au sens courant de ce mot) qui contrôle la plus grande part du système.

Dans le processus de simulation, mesures et calculs s'incrémentent dans le temps à partir des données hydrologiques, et ceci sur les mêmes principes pour toutes les entités géo-hydrographiques. Le contenu SIG de l'opération est en fait détourné au profit de la simulation : les calculs et les représentations sur la dimension temporelle sont prioritaires sur ceux de la dimension spatiale afin que soient restitués les processus et les interactions. Le graphe simplifié du delta permet de réduire la complication de l'espace pour mettre en évidence le temps. L'intégrité de la région naturelle est bien montrée par son espace, certes, mais en y figurant des thèmes qui prennent autant de sens dans le temps que dans l'espace. Ceci est conforme aux objectifs initiaux : en même temps que de montrer l'intégrité régionale comme la mosaïque cohérente d'unités spatiales différentes, on a choisi de montrer l'intégrité régionale comme un ensemble de flux et de processus propagés dans tout l'espace et qui se différencient avec le temps. Ce choix a été fait afin de combler une lacune préjudiciable aux actions de développement : la connaissance des flux et des enchaînements spatiotemporels est encore beaucoup moins bien maîtrisée que celle de l'homogénéité-diversité des milieux du delta. Il répond à l'objectif de représentation des dynamiques afin d'orienter des concertations, et ceci *avant* la prise de décision.

La base de données localisées qui alimente et supporte la modélisation possède certains caractères d'un SIG « classique » :

- les entités géohydrographiques sont linéaires ou surfaciques ;
- à chaque entité sont bien attribuées des données thématiques.

Cependant :

– les entités ne sont décrites dans l'espace que par un ou deux points au maximum (les deux extrémités des segments, le centre des surfaces circulaires), ce qui les simplifie beaucoup ;

– les 109 entités ne forment pas une couverture topologique continue de la région modélisée : elles en constituent le schéma hydrodynamique fonctionnel, jugé nécessaire et suffisant pour calculer et représenter les processus et leurs interactions ;

– les entités surfaciques (les plaines inondables notamment) représentent l'intégration de plusieurs unités réelles (les *plaines*, telles qu'identifiées et décrites par les exploitants), qui ont chacune leur dynamique hydrique mais dont le détail hydrologique est peu ou pas connu ;

– les 120 entités géohydrographiques ont des attributs : surface, longitude/latitude, surface agricole, végétation, population de pêcheurs, populations d'agriculteurs, têtes de bétail...

Le résultat graphique n'est donc pas une carte à proprement parler, mais plutôt un chorème (figure 7.2).

Les lacunes et les simplifications du système géographique pallient jusqu'à un certain point les lacunes de l'information spatiotemporelle sur le delta. La modélisation a été précisément conçue pour franchir ces lacunes sans attendre que d'hypothétiques informations pertinentes soient rendues disponibles. Le SIG simplifié joue ici un double rôle : celui d'outil dans le processus de la modélisation, qui l'utilise comme support des mécanismes, sans le rendre visible ; celui de raccourci, qui remplace les éléments inconnus du système⁴ tels que les détails orographiques⁵ dans un milieu très plat, ou bien les équations sur le rapport entre les débits fluviaux et les superficies inondées aux échelles détaillées.

L'option spatiale ayant été prise dès le début des travaux (d'abord implicitement puis explicitement, on l'a vu plus haut), il n'y a pas de différence entre les acteurs des épisodes de spatialisation et ceux de l'ensemble de la construction de modélisation. Toutes les réflexions et tous les mécanismes ont intégré *ipso facto* l'espace puisqu'il est le support visible, reconnu par tous les acteurs, de l'un des objectifs d'intégration, l'intégration régionale.

De la même manière, il y a eu spatialisation à toutes les étapes de l'opération. C'est ainsi, par exemple, que le recueil des informations, qui s'est déroulé pendant toute l'opération, avec des priorités et des retours, n'a sélectionné que des informations déjà spatialisées, même si les unités spatiales n'étaient pas adéquates. Il en a résulté que la majeure partie des traitements spatiaux a consisté à recalculer les données des unités d'origine (circonscriptions administratives, cellules⁶), pour les ajuster aux unités géohydrographiques du chorème et aux découpages temporels retenus. On signalera l'importance des *connaissances implicites* (ni publiées, ni écrites) des producteurs-paysans, qui sont les seuls à détenir et à restituer (à condition de poser ce que l'on appelle « les bonnes questions ») les informations sur

4. Un projet de SIG sur le delta intérieur avait été proposé en 1996 par l'IRD (alors Orstom) et l'IER, sur une problématique et avec des données socio-économiques. Il n'a pas été réalisé faute d'implications maliennes en sciences sociales. Un autre SIG est en cours d'achèvement en France dans le cadre CNRS, sur la végétation naturelle et l'inondation, à partir d'observations écologiques et d'enquêtes sur les pâturages et le pastoralisme (cf. [CIP 82]).

5. L'opération *modèle mathématique du fleuve Niger* [AUT 84] a publié des mesures au centimètre près en altitude, à l'échelle cartographique 1/50 000, qui ont été utilisées pour le module hydrologique (données du « modèle vases communicants »), mais ces mesures sont loin de couvrir l'ensemble du delta intérieur.

6. Découpage géométrique de l'espace continu, utilisé en 1981 pour les dénombrements de bovins par avion.

les flux (d'eau, de personnes, de poissons, de bétail) aux échelles détaillées correspondant à leur territoire de production.

Les représentations spatiales produites par la modélisation participent à sa validation sous trois formes :

- les courbes localisées doivent proposer des résultats vraisemblables, ceci a été testé à travers la restitution en mai 1999 et la formation en février 2000 ;
- les analyses de sensibilité sont un test de validité et leurs résultats sont tous localisés ;
- le passé (1993, 1994, 1995) est représenté comme la comparaison entre une réalité observée et une réalité calculée dans chaque entité géohydrologique⁷.

Les fonctions de la spatialisation dans la préparation à l'action (de développement) sont si nombreuses qu'il paraît difficile de les citer toutes. Au demeurant, dans cette opération scientifique comme dans d'autres, « l'action » peut prendre, à diverses échéances futures, des formes diverses à des échelles spatiales variées, du projet d'aménagement local (dimension villageoise ou communale) à la construction d'une politique de bassin à l'échelle du fleuve Niger dans son ensemble. Ce large éventail de potentialités reçoit depuis peu (août 1999) une matérialisation par la volonté de création, précisément, d'une *agence de bassin* sur le modèle général français, qui aura autorité sur le bassin malien du Niger. Cette nouvelle option intégratrice, concordante avec les objectifs de la modélisation, lui apporte déjà un nouveau champ d'acteurs et d'utilisateurs. La modélisation, prise dans son ensemble et constituant l'amorce d'un observatoire environnemental, est d'ailleurs l'un des quatre axes de cette agence de bassin.

Les acteurs principaux de la spatialisation, à toutes les étapes de la modélisation, ont été des chercheurs, ou ont agi comme tels même quand ils avaient une activité professionnelle différente dans les organismes nationaux et régionaux de développement. Quelle que soit la structure d'appartenance (IRD, *Cerdin*, autres), les échanges, dialogues, contributions ont été pratiqués à l'échelle des *personnes* et se sont répartis selon les domaines de compétence et d'expertise. Ceux-ci étaient largement fonction des disciplines impliquées, mais aussi de la finesse des connaissances localisées sur le delta. C'est ainsi que les travaux relatifs à la spatialisation ont été initiés par les ressortissants de la géographie et de l'hydrologie et matérialisés par la géographie. Le domaine mathématique-informatique a conçu et

7. Ni les dimensions géographiques du delta (36 000 km²), ni les moyens nationaux et internationaux à la disposition de la recherche, ne permettent d'*observer* le delta dans son ensemble avec une précision spatiale correspondant au niveau villageois et avec une récurrence inférieure à 10 ans (celle des recensements nationaux de la population). La télédétection satellitaire courante (Landsat et Spot) est peu praticable (coûts financiers, ennuagements) ; un programme scientifique est en cours avec les images radar d'ERS (*Polimage*, université Paris VII-Jussieu).

formalisé la place et le rôle de l'espace dans la modélisation et les produits ont été validés (c'est-à-dire discutés, critiqués, complétés) par l'ensemble des disciplines présentes dans l'opération.

7.6. Discussion

La réalisation d'un prototype de modélisation intégrée du delta intérieur du Niger a confirmé l'intérêt des représentations graphiques spatiales à la fois comme source d'information instantanément partageable par des lecteurs différents et comme mise en images concrètes d'un concept abstrait : la gestion intégrée. Elle a aussi montré la faisabilité sur trois ans d'un projet relativement complexe par ses aspects thématiques, techniques et sociaux et par les dimensions de l'objet modélisé (en superficie, en population, en activités). Nous ne ferons ici qu'une brève allusion au rôle de la figuration graphique comme image commentée en commun et nous développerons davantage la place de la modélisation dans la concrétisation du concept de gestion intégrée.

7.6.1. Une sémiologie partageable

L'intérêt des représentations spatialisées, comme source d'information et comme outil pédagogique à tous les niveaux des actions de développement, n'est plus à démontrer. Au Mali, cependant, cette sémiologie n'est pas tout à fait banale, ne serait-ce que parce que ce que l'on appelait dans les années soixante « les grands inventaires cartographiques » (pédologie, occupation du sol, ressources naturelles...) y ont été réalisés et publiés tardivement, à la fin des années quatre-vingt.

Les entités géohydrographiques simplifiées, désignées et identifiées dans la modélisation par leurs noms dans la géographie paysanne et administrative, sont aisément reconnues ; les acteurs-observateurs-critiques de l'opération sont à l'aise pour en faire la lecture. Plus précisément, la mise en œuvre des simulations met en évidence l'intérêt des acteurs *pour une construction par eux-mêmes* des représentations spatiales, qui servent alors de point d'appui à leurs réflexions, à leurs interrogations, à leurs expériences. En construisant, en montrant, en discutant ces représentations, chaque acteur-interlocuteur approfondit sa propre « image » du delta et comprend mieux ce que signifie « le delta » pour les autres acteurs-interlocuteurs.

Le niveau géographique choisi, la région naturellement inondable dans son ensemble, contribue à la facilité de lecture : bien que le delta intérieur ne soit pas géré dans son ensemble dans le système moderne, il est couramment lu comme tel grâce à sa représentation contrastée (le bleu de l'aire inondable sur fond jaune Sahel) sur toutes les cartes du Mali et d'Afrique, même les plus simples.

Telle qu'elle existe actuellement, la modélisation a commencé à jouer son rôle de point d'appui pour les échanges entre acteurs du développement. Il est vrai que la nécessité du dialogue était vivement perçue et vigoureusement encouragée, mais les échanges restaient peu accessibles et réalisés de façon superficielle. Les images communes de la modélisation ont proposé un langage partageable dépourvu d'ambiguïtés et les questions qu'elles suscitent dès la première vision sont déjà l'amorce du dialogue sur des objets concrets. Plus précisément, les figurations de la modélisation donnent un contenu spatial et un rythme à la notion de gestion intégrée, qui était restée exprimée comme une somme (de listes d'activités, de filières, d'acteurs, de contraintes, de projets...), davantage que comme un système spatial dynamique. En outre, la modélisation propose le même contenu aux opérateurs du développement qui en ont une approche de type technocratique (c'est le cas des instituts agropastoraux, des services techniques nationaux et régionaux) et aux opérateurs du développement qui en ont une approche sociale (gouvernorat de la région de Mopti⁸, organisations non gouvernementales et assimilées, recherche en sciences sociales).

7.6.2. L'intégration des gestions

En ce qui concerne le rôle de la modélisation dans la mise en œuvre d'une gestion régionale intégrée, il est trop tôt pour proposer une évaluation. On dispose cependant de quelques réactions, que nous plaçons ici dans le contexte de l'organisation malienne de la recherche pour le développement, mais qui devront être ultérieurement complétées et analysées avec davantage de recul et sur un terme plus long.

L'intégration spatiale est certes comprise et, dans une large mesure, approuvée dans son principe : l'opération de modélisation a été très encouragée dès le début par les décideurs de la région de Mopti ; mais aucune mesure volontariste n'est prise pour la prendre en compte et la réaliser et les deux autres régions concernées restent assez distantes. L'émergence des communes rurales comme unités de gestion locale, leur regroupement éventuel sur les intérêts communs liés à leurs ressources naturelles communes, sont cités comme la forme d'action la plus souhaitable. L'hypothèse paraît politiquement légitime, mais assez incertaine. Le projet de création d'une agence de bassin est une mesure plus prometteuse dans ce sens.

Actuellement, il est encore trop tôt pour affirmer avec certitude que plusieurs catégories importantes d'acteurs du développement seront atteintes et deviendront réellement parties prenantes dans la modélisation : entre autres, les élus (parlementaires et représentants des communautés territoriales) et les producteurs ruraux. Les premiers ne sont pas considérés comme des acteurs du développement à proprement parler, le développement étant généralement perçu comme un processus

8. Dont l'une des fonctions les plus lourdes et les plus immédiates est la résolution de conflits sur le partage des ressources et la paix sociale dans la région.

de modernisation logique et techniciste, éloigné du processus politique qui est, lui, fondé sur (et parfois opposé à, par conséquent) les valeurs historiques et (notamment en milieu rural) sur la notabilité sociale qui en est issue. Les seconds sont couramment mobilisés depuis plusieurs années dans le cadre des structures de développement et de recherche régionales pour donner des avis et proposer des critiques et des initiatives, au cours de réunions formelles où ils sont représentés par leurs associations et syndicats professionnels et par des organisations non gouvernementales locales. Il est à noter que les femmes y sont très présentes. Le dialogue entre eux et avec les autres acteurs existe donc, au moins en principe, mais les différences de langues⁹ et donc de sens rendent souvent de tels échanges lents et incomplets. Il n'est pas certain que la modélisation puisse contribuer à franchir aisément ce handicap. Cela dit, la modélisation est justement susceptible de jouer son rôle de catalyseur, fédérateur et concrétisateur des discussions et des décisions qui vont commencer sous peu pour la gestion intégrée du delta dans son ensemble (ce qui concerne les relations entre une quarantaine de communes rurales). La présente modélisation, par le choix des processus et des échelles spatiale et temporelle, répond à une intégration *régionale*. Rien n'empêche de préparer, en discutant sur les bases du présent prototype, les choix de modélisation qui répondraient aux intégrations *communales*. En accompagnant ainsi les projets de développement (dans les domaines économique et social) ou d'administration (dans les domaines réglementaire et juridique) liés à la décentralisation, la modélisation joue (jouera) son rôle de promotion de la communication.

La modélisation répond bien aux demandes maliennes en matière d'intégration des trois systèmes de production. L'élevage bovin transhumant, la pêche et la riziculture sont fréquemment décrits depuis les années 1970 comme maladroitement gérés (par les paysans, mais aussi par les pouvoirs publics), concurrents dans un contexte (encore non démontré) de pénurie ou d'appauvrissement des ressources, trop ou insuffisamment productifs. Ils ont été étudiés et ont fait l'objet de mesures de développement séparément les uns des autres, quoique une synthèse partielle ait été produite [CIS 1990]. La modélisation en présente donc une nouvelle. En cela, elle est certainement susceptible d'amorcer un processus d'intégration conceptuelle plus vaste, incluant ultérieurement des thèmes qui sont en eux-mêmes intégrateurs dans l'espace régional des ressources communes :

- transports, commerce, équipements, fonctions urbaines, contraints eux aussi par l'inondation,

- les productions primaires non directement liées à l'inondation (bois, céréales sèches, petit élevage ovin et caprin...).

9. Les producteurs ruraux du delta se réfèrent à quatre langues différentes (peul, bambara, bozo, sonrhäï), et les acteurs institutionnels du développement à deux (français et bambara), ce qui oblige souvent à de difficiles traductions en cascade.

S'il n'est pas encore possible d'évaluer les conséquences de la modélisation sur la pratique d'intégration dans les actions de développement, on peut cependant en tirer des enseignements précieux en matière d'intégration au sein de la recherche scientifique et entre la recherche scientifique et ses utilisateurs pour le développement.

7.6.3. *L'intégration des recherches*

Les dimensions spatiales et temporelles ont été source d'échanges très actifs entre disciplines différentes, qui ont partagé leurs connaissances, leurs outils et leurs concepts pour se mettre d'accord sur les choix : des entités spatiales et des pas de temps, des données initiales et de leurs transformations, des paramètres attributaires, des mécanismes... Les producteurs de données, qui parlent dans le groupe de travail *Cerdin*, y voient une valorisation spectaculaire de leur travail et de leurs initiatives et sont désireux de poursuivre la modélisation en ajoutant de nouveaux modules. La faible implication des acteurs « sciences sociales » de la recherche et de l'acquisition de données ne peut cependant passer inaperçue. Cette retenue peut être expliquée par l'échelle de la modélisation : aucun système d'acquisition de données en sciences économiques et sociales n'existe au Mali, qui combine exhaustivité et finesse avec une récurrence inférieure à dix ans : il s'agit alors du seul *recensement national de la population et de l'habitat*. Le projet d'observatoire du delta intérieur, étroitement associé à la modélisation dans un système d'échange réciproque, propose des méthodes et des techniques pour remplir cette lacune.

Plusieurs variables non prévisibles empêchent d'anticiper sur l'avenir de l'opération. Relevons-en deux :

- le rôle des personnes reste individuellement très important, même au sein des institutions, IRD inclus ; or, on sait que les agents compétents et actifs sont volontiers entraînés par les organismes internationaux vers une autre échelle d'actions pour le développement ;

- la légitimité accordée à la recherche scientifique par les acteurs du développement semble baisser lentement depuis la fin de la période coloniale ou le début des indépendances, tout particulièrement au Mali et plus généralement dans le domaine des sciences sociales.

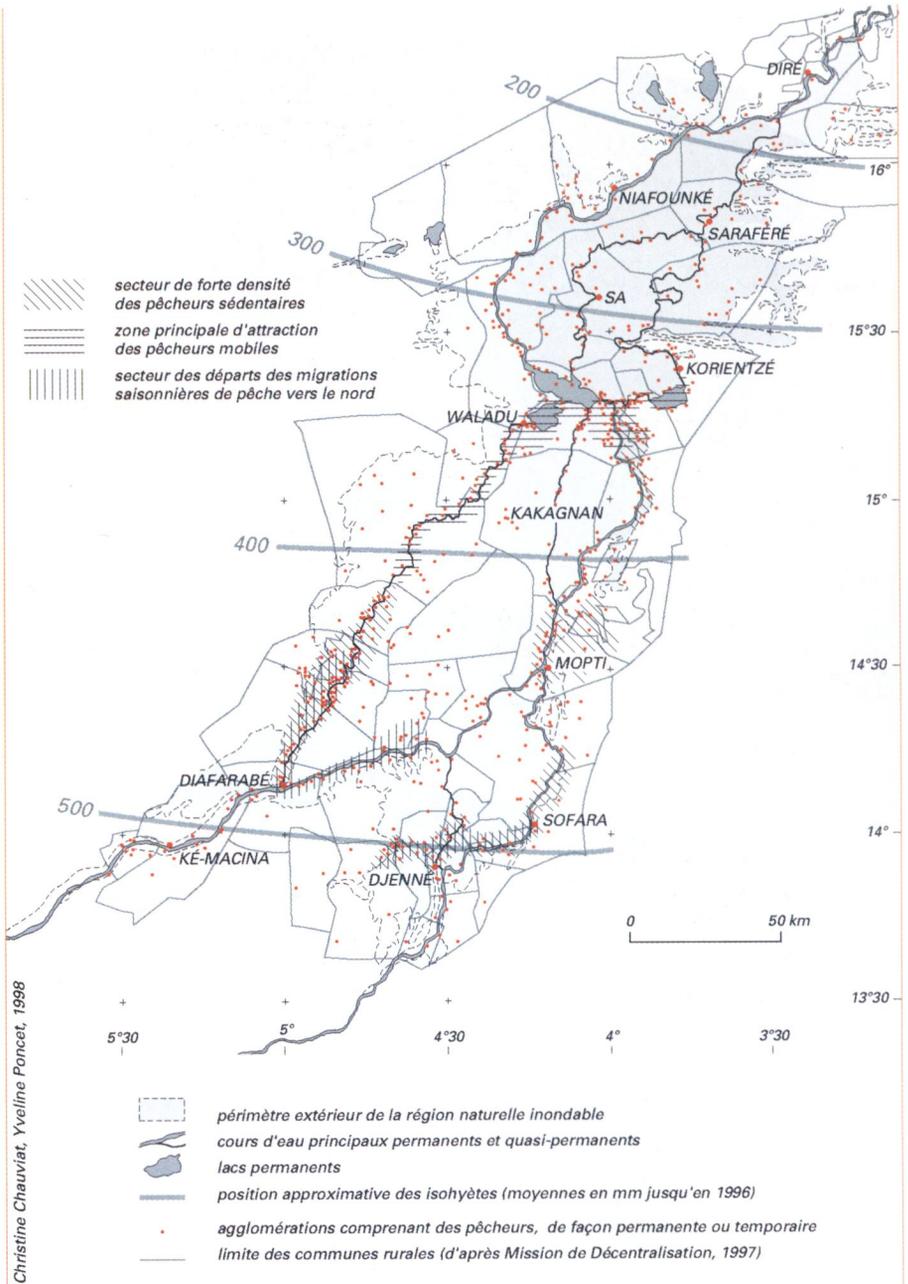
Par la mise en évidence des objectifs et des contraintes de la gestion intégrée, une opération scientifique comme la modélisation intégrée du delta intérieur du Niger peut-elle contribuer à ralentir ou arrêter la tendance ? En tout état de cause, quelles que soient les suites formelles de l'opération, sa réussite ou son échec devront aussi s'analyser dans la durée, c'est-à-dire dans le futur.

7.7. Bibliographie

- [AUT 84] AUTORITÉ DU BASSIN DU NIGER (ABN), *Etude du fleuve Niger, cartographie au 1/50 000 réalisée pour l'établissement du Modèle Mathématique du Niger*, Paris, IGN, 1984, 8 volumes.
- [BOU 93] BOUSQUET F., MORAND P., QUENSIÈRE J., MULLON C., PAVÉ A., « Simulating the interaction between a society and a renewable resource », *Journal of Biological Systems*, n° 1 (1), 1993, p. 199-204.
- [BOU 94] BOUSQUET F., CAMBIER C., MORAND P., « Distributed artificial intelligence and object-oriented modelling of a fishery », *Mathematical Computer Modelling*, vol. 2018, 1993, p. 97-107.
- [BRU 86] BRUNET-MORET Y., CHAPERON P., LAMAGAT J.P., MOLINIER M., *Monographie du Niger*, Paris, Orstom, Collection Monographies Hydrologiques, 1986, 2 tomes, 506 p.
- [CIP 82] CIPEA-ODEM (études réalisées par), *Recherche d'une solution aux problèmes de l'élevage dans le delta intérieur du Niger au Mali*, Bamako, Ministère chargé du Développement Rural, 1982, 5 volumes, cartes.
- [CIS 90] CISSE S. et GOSSEYE P.A. éd., *Compétition pour des ressources limitées : le cas de la Cinquième Région du Mali*, Bamako, ESPR/IER – Wageningen, CABO, 1990, 4 vol.
- [FAY 89] FAY C., « Sacrifices, prix du sang, « eau du maître » : fondation des territoires de pêche dans le Delta Central du Niger (Mali) et Systèmes halieutiques et espaces de pouvoirs : transformation des droits et des pratiques de pêche dans le Delta Central du Niger (Mali), 1920-1980 », *Cahiers de Sciences Humaines*, 25 (1-2), 1989, p. 159-176 et p. 213-236.
- [FAY 94] FAY C., « Organisation sociale et culturelle de la production de pêche : morphologie et grandes mutations », in QUENSIÈRE J. éd. sci. : *La Pêche dans le Delta Central du Niger*, 1994, p. 191-207.
- [GAL 67] GALLAIS J., *Le Delta Intérieur du Niger, études de géographie régionale*, Mémoire IFAN n° 78, Dakar-Paris, Larose, 1967, 2 vol., 621 p.
- [GAL 84] GALLAIS J., *Hommes du Sahel, espaces-temps et pouvoirs, le delta intérieur du Niger, 1960-1980*, Paris, Flammarion, 1984, 289 p.
- [KUP 97] KUPER M., *Irrigation management strategies for improved salinity and sodicity control*, Thèse de doctorat, Université Agronomique de Wageningen, 1997.
- [KUP 99] KUPER M., MULLON C., PONCET Y., ORANGE D., P. MORAND, « Modélisation intégrée d'un écosystème inondé et gestion des eaux : le cas du Delta Intérieur du Niger au Mali », *Actes des Journées Scientifiques FRIEND-AOC – ZTH – AAH*, Séminaire sur les Ressources en Eau de l'Afrique Occidentale et Centrale, Yaoundé (Cameroun), 30 novembre – 2 décembre 1999, Paris, Unesco, 1999.
- [LAE 94] LAË R. et MORAND P., « Typologie des cycles d'activités halieutiques : ménages sédentaires et petits migrants du secteur de Mopti », in QUENSIÈRE J. éd. sci. : *La Pêche dans le Delta Central du Niger*, 1994, p. 287-294.

- [MOR 94] MORAND P. et BOUSQUET F., « Modélisation de la ressource : relations entre l'effort de pêche, la dynamique du peuplement ichtyologique et le niveau des captures dans un système fleuve-plaine », in QUENSIÈRE J. éd. sci. : *La Pêche dans le Delta Central du Niger*, 1994, p. 267-281.
- [OLI 95] OLIVRY J.-C., « Fonctionnement hydrologique de la cuvette lacustre du Niger et essai de modélisation de l'inondation du delta intérieur », in OLIVRY ET BOULEGUE éd. sc. *Grands bassins fluviaux périatlantiques : Congo, Niger, Amazone*, Paris, Orstom, Coll. Colloques et Séminaires, 1995, p. 267-280.
- [PON 94] PONCET Y. et TROUBAT J.-J., « Huit cartes hors-texte et notice 40 p. », in QUENSIÈRE J. éd. sci. 1994, *La Pêche dans le Delta Central du Niger*, 1994, volume II.
- [PON 99] PONCET Y. ET ORANGE D., « L'eau, moteur de ressources partagées : l'exemple du delta intérieur du Niger au Mali », *Aménagement et Nature* n° 132, mars 1999, p. 97- 108.
- [PON 00] PONCET Y., à paraître, « Le système halieutique du delta central (Mali) : structurations de l'espace et cohérence des articulations fonctionnelles », in CHAVANCE *et al.* éd. *Les espaces de l'halieutique, Actes du 4^e forum halieumétrique*, Rennes, Juin 1999, IRD, coll. Colloques et Séminaires.
- [QUE 94] QUENSIÈRE J. éd. sci., *La Pêche dans le Delta Central du Niger*, Paris, Orstom-Karthala-IER, 1994, 2 vol.
- [VEE 90] VEENEKLAAS F.-R., CISSE S., GOSSEYE P.A., VAN DUIVENBODEN N., VAN KEULEN H., « Scénarios de développement, rapport 4 », in CISSE S. et GOSSEYE P.A. éd. *Compétition pour des ressources limitées : le cas de la Cinquième Région du Mali*, Bamako, ESPR/IER – Wageningen, CABO, 1990.

IV Représentations spatiales et développement territorial



Christine Chauviat, Yveline Poncet, 1998

Figure 7.1. L'eau, les pêcheurs et les communes rurales du delta, au niveau régional

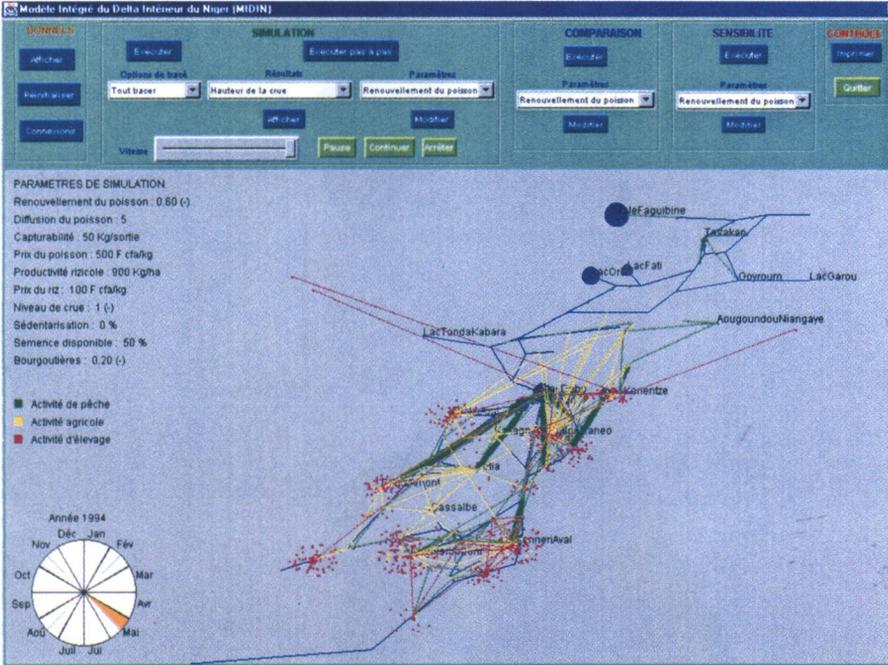
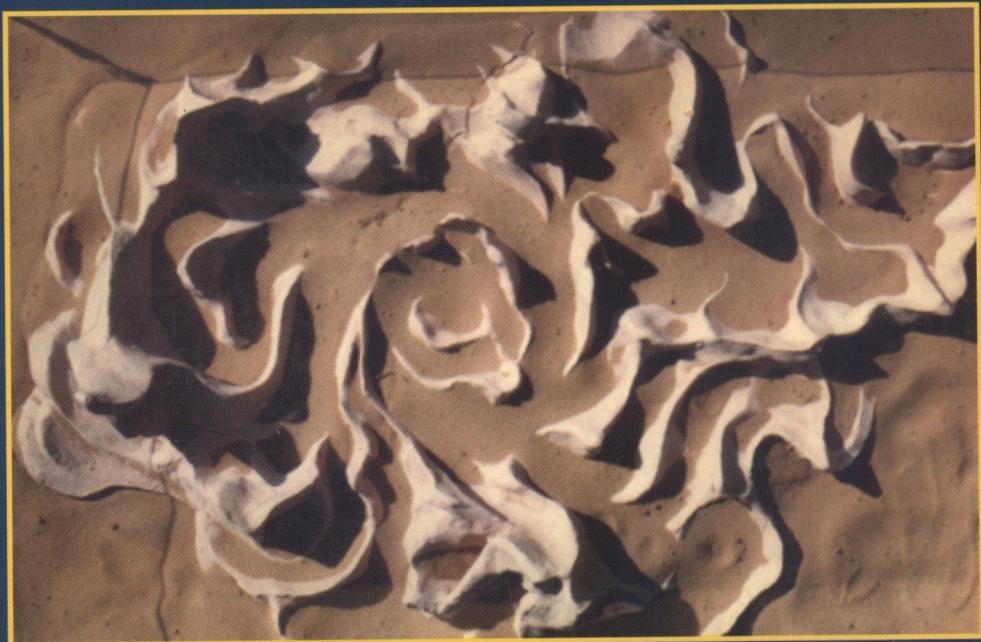


Figure 7.3. L'interface de la modélisation, montrant un épisode de simulation

Au 15 mai, avec les paramètres de crue de l'année 1994 (année déficitaire), on est au milieu des basses eaux. L'activité de pêche se concentre sur les plaines et autour des lacs du centre, avec des incursions sur les plaines du Nord (*Tasakan*) et les lacs de rive droite (*Aougoundou-Niangaye*), encore en eau à cette période. L'activité agricole est importante : c'est la pleine période des labours et la main d'œuvre se déplace du Nord vers les plaines du Sud. Les troupeaux sont très nombreux dans les plaines du Sud, encore pourvues de pâtures et de lieux d'abreuvement. Quelques-uns commencent à partir pour les pâtures d'hivernage, hors du delta. Note importante : la version présentée ici ne figure pas les troupeaux de la zone nord du delta.



Représentations spatiales et développement territorial

sous la direction de

Sylvie Lardon

Pierre Maurel

Vincent Piveteau

Hermès

Représentations spatiales et développement territorial

sous la direction de

Sylvie Lardon

Pierre Maurel

Vincent Piveteau

hermes
Science
— publications —

REMERCIEMENTS

Les coordonnateurs adressent leurs remerciements à ceux qui ont contribué, par leurs présentations aux séminaires, par leurs participations aux discussions, par leurs écrits et leur relecture, à alimenter ce livre.

Un hommage doit être rendu aux trois organismes qui ont parrainé cette réflexion interdisciplinaire, et notamment Claudine Schmidt-Lainé, directrice scientifique du Cemagref, Bernard Hubert, chef du département SAD de l'INRA et Claude Millier, directeur scientifique de l'ENGREF. Par leurs encouragements et leur appui, ils ont contribué à dessiner les contours d'une nouvelle communauté scientifique, qui dépasse désormais les limites des organismes initiateurs.

Nous exprimons notre reconnaissance aux membres du comité scientifique pour leur participation active tout au long du processus : Patrick Moquay (ENGREF), Emmanuelle Marcelpoil (Cemagref), Jean-Pierre Deffontaines (INRA), Pierre-Louis Osty (INRA), Dominique Cairrol (Cemagref), Flavie Cernesson (ENGREF), Claude Millier (ENGREF), mais aussi Jean-Paul Cheylan (CNRS), Yves Michelin (ENITAC), Marc Benoît (INRA), Thierry Joliveau (CRENAM), Nils Ferrand (Cemagref), Florence Le Ber (INRIA), Lena Sanders (CNRS), François Bousquet (CIRAD), Jean-Pierre Treuil (IRD), Alain Franc (ENGREF).

Nous remercions aussi ceux qui ont accompagné la réalisation matérielle des séminaires et du livre, dont l'équipe administrative de l'ENGREF de Clermont-Ferrand, et en particulier Patricia Dumas.

Un ouvrage collectif est avant tout une aventure passionnante et passionnée, à laquelle on ne peut qu'espérer des prolongements.

© HERMES Science Publications, Paris, 2001

HERMES Science Publications

8, quai du Marché-Neuf

75004 Paris

Serveur web : <http://www.hermes-science.com>

ISBN 2-7462-0252-2

Catalogage Electre-Bibliographie

Lardon, Sylvie*Maurel, Pierre*Piveteau, Vincent

Représentations spatiales et développement territorial

Paris Hermès Science Publications, 2001

ISBN 2-7462-0252-2

RAMEAU : aménagement du territoire : simulation, méthodes de
systèmes d'information : aménagement du territoire

DEWEY : 710 : Urbanisme. Aménagement du territoire

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite" (article L. 122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.