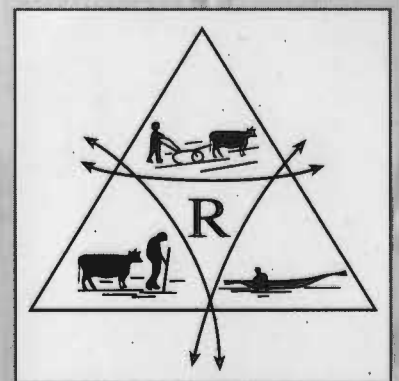


Séminaire International

GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES NATURELLES EN ZONES INONDABLES TROPICALES

(Bamako, 20-23 juin 2000)

Résumés des communications



Séminaire International

***GESTION INTEGREE DES RESSOURCES
NATURELLES EN ZONES INONDABLES TROPICALES
(Bamako, 20-23 juin 2000)***

**Résumés des
communications**

SOMMAIRE

Sommaire.....	3
Avant-Propos	4
Thème 1 : Cadrage de la problématique socio-économique et politique de la Gestion Intégrée des Ressources Naturelles en Zones Inondables Tropicales ...	5
Thème 2a : Processus d'édification des ressources naturelles en Zones Inondables Tropicales.....	19
Thème 2b : Stratégies d'exploitation en Zones Inondables Tropicales	42
Thème 3 : Interfaces d'échange de l'information environnementale	64
Les conférences	95
Table Ronde : Vers un observatoire environnemental pour le delta intérieur du Niger	100

AVANT-PROPOS

Les zones inondables des grands fleuves tropicaux revêtent un intérêt majeur pour l'économie et l'environnement dans nombre de pays en voie de développement. Concernées au premier chef par l'impact des grands aménagements hydrauliques et soumises à des pressions d'exploitation croissantes, ces zones sont également devenues, au cours de ces dernières années, l'objet de toutes les attentions des programmes internationaux défenseurs de la biodiversité et de l'environnement. Interpellées sur le sujet, les instances de réflexion des agences internationales préconisent dorénavant une gestion des fleuves qui soit capable d'intégrer, au-delà des objectifs habituels de production d'électricité et d'alimentation en eau des périmètres irrigués, le maintien d'une certaine qualité de fonctionnement des écosystèmes de zones inondables et de leurs multiples usages.

Lors de l'atelier international du CGIAR (*Consulting Group of International Agriculture Research*) sur la notion d'*Integrated Natural Resources Management* (INRM) à Wageningen (Pays-Bas, 3-5/09/99), un consensus est apparu en faveur d'une démarche scientifique dont les mots clés seraient : système d'information socio-écologique (ou environnemental), gestion intégrée des bassins versants, système de production.

Le séminaire international GIRN-ZIT se propose de faire le point sur ce type d'approche, à la faveur de l'étape finale du projet institutionnel GIHREX de l'IRD. Les débats sont articulés autour de 4 sessions, dont les thèmes réalisent le continuum *recherche & développement*. Ainsi en se situant toujours dans le cas particulier des zones inondables tropicales, il s'agit dans un premier temps de discuter des contraintes pour la GIRN liées à la structuration de la société (session 1); ensuite, un ensemble d'exemples permet de faire le point sur les connaissances scientifiques thématiques nécessaires ou utiles à la GIRN (processus d'édification des ressources, stratégies des acteurs,...) (sessions 2a et 2b); enfin, des outils et moyens de mise à disposition d'une information environnementale efficace (modélisation complexe, interfaçage, transfert des connaissances, observatoire,...) sont présentés et discutés (session 3).

Mais ce séminaire se veut aussi être une étape intermédiaire du groupe scientifique malien CERDIN (promu par le projet GIHREX depuis 3 ans), qui se préoccupe de promouvoir et d'organiser une recherche utile pour le développement de l'exploitation des ressources naturelles dans le delta intérieur du fleuve Niger au Mali. C'est dans ce sens que le séminaire se termine par une table ronde intitulée : *Vers un observatoire environnemental pour le delta intérieur du fleuve Niger*.

Enfin, parler de gestion intégrée va au-delà de la simple connaissance des différents composants ou compartiments de l'écosystème considéré. Aussi, l'originalité du séminaire GIRN-ZIT est de vouloir amener les grands groupes d'acteurs concernés par la gestion des ressources naturelles (les scientifiques, les gestionnaires, les décideurs et les bailleurs) à partager leurs expériences. En effet, c'est déjà par l'intégration effective de leurs discours que commence les possibilités de réaliser une éventuelle gestion intégrée durable et de produire une recherche utile au développement.

Didier ORANGE
Président du Comité International
d'Organisation du séminaire GIRN-ZIT

Thème 1

Cadrage de la problématique socio-économique et politique de la Gestion Intégrée des Ressources Naturelles en Zones Inondables Tropicales

coordinateur : Yveline Poncet (GIHREX, IRD, Orléans)

médiateur : Mamadou Camara (Gouvernorat Mopti)

TEXTE DE CADRAGE DU THEME 1 :
LA PROBLEMATIQUE SOCIO-ECONOMIQUE ET POLITIQUE
DES ZONES INONDABLES TROPICALES

Yveline PONCET¹,

¹: Géographe IRD, Orléans, France

L'exposé de cadrage est destiné à introduire un certain nombre de questions relatives à la gestion des zones inondables tropicales dans le but de leur développement durable. Les caractéristiques des zones inondables permettent en effet de relier étroitement, dans ces questions, les problématiques des sciences de la terre et de la nature à celles des sciences sociales. On sait que cette liaison est l'un des défis scientifiques et politiques du développement en général, notamment du développement des milieux encore parfois considérés comme marginaux comme les zones inondables. Les questions abordées participent aux problématiques du développement pour les années qui viennent, et tout particulièrement aux réflexions et aux applications sur le développement intégré. A cet égard, les zones inondables proposent des illustrations et des terrains d'application pertinents.

Les grandes lignes des spécificités naturelles et sociales des zones inondables tropicales ouest-africaines sont rappelées, en prenant exemple sur le delta intérieur malien. Il est utile de préciser que les zones inondables sur lesquelles nous travaillons ici présentent des caractères économiques et sociaux en partie inversés : elles sont riches et productives par rapport à leurs voisinages mais leur richesse potentielle et leur productivité sont davantage menacées par le déficit que par l'excès d'eau.

Cette présentation générale et introductive développe ensuite les dimensions socio-économiques et politiques des notions de ressource et d'intégration, et relève brièvement la variété de contenus de l'expression *gestion intégrée*. Cette lecture sera croisée avec les disciplines impliquées (géographie, sociologie et histoire, économie, sciences politiques) et avec les deux échelles (supposées contradictoires ?) de la gestion des ressources naturelles : locale et centralisée.

En conclusion, plusieurs directions de réflexion (non exhaustives) seront proposées, qui pourraient sous-tendre l'ensemble des travaux du séminaire dans leur approche intégratrice :

- la fragilité écologique et sociale des aires inondables ;
- la multiplicité des niveaux d'organisation qui interviennent dans leur gestion ;
- en corollaire à ce qui précède, l'importance du rôle de l'information et de son partage entre les acteurs de la gestion intégrée ;
- le problème du coût et de la faisabilité économique d'une gestion intégrée des aires inondables ;
- l'intérêt et les difficultés d'une approche politique de la gestion intégrée.

L'IMPACT DES STRATEGIES SUR LA PRODUCTION DE RIZ DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER : LE CAS DES RIZICULTEURS SITUES AUTOUR DE LA MARE DE DEBARE

Ousmane MAIGA¹, Marcel KUPER²

¹ : ISFRA - Bamako

² : IRD – BP 84 – Bamako Mali

Les riziculteurs de Batamani et de Saré Mama, deux villages situés autour de la mare de Débaré dans le Delta intérieur du Niger, sont soumis à de rudes épreuves dues aux conditions climatiques aléatoires et leurs effets pervers sur les ressources naturelles, et à l'augmentation rapide de la population et du cheptel. Le rendement de riz varie du simple au triple d'une année à l'autre. En fonction de leurs expériences des changements du milieu, les paysans ont développé des stratégies (agronomiques et socioéconomiques) pour satisfaire les besoins alimentaires croissants des ménages.

Les stratégies agronomiques sont fortement liées à des indicateurs empiriques qui guident la décision du paysan au cours de la campagne agricole. Ainsi, en présence de facteurs non périodiques (déficit pluviométrique ou mauvaise répartition des pluies, crue ou décrue précoces et tardives, pullulation d'ennemis de cultures...), le riziculteur est amené à adopter telle ou telle stratégie pour réduire leurs conséquences sur les cultures. L'impact de ces stratégies est déterminant non seulement sur les itinéraires techniques mais aussi sur la production de riz. En fonction de l'hétérogénéité du milieu, les itinéraires techniques varient dans le temps et dans l'espace selon que l'on se situe en zone basse, moyenne ou haute. La conduite normale des itinéraires techniques, l'anticipation ou le report d'une opération dépend des conditions agro-météorologiques du moment qui imposent au paysan la mise en œuvre de telle ou telle stratégie.

Dans le domaine socio-économique et culturel, les stratégies dépendent en grande partie des caractéristiques socio-démographiques de la population (ethnie, taille des ménages, durée de résidence, du parcours résidentiel et professionnel...), des relations à la terre, du cheptel et de l'équipement agricole. Les stratégies concernent l'introduction de nouvelles variétés de riz, la migration de culture, l'accueil de la main d'œuvre agricole et la multiplicité des activités extra agricoles. Ces stratégies contribuent incontestablement à l'accomplissement de celles qui permettent de contourner les phénomènes naturels.

L'EAU, LA TERRE ET LES HOMMES AUTOUR DU LAC TELE.**Cissouma Diama TOGOLA¹**

¹ : Faculté des Lettres Langues Arts et Sciences Humaines. (FLASH). Bamako. Mali.

Le lac Télé fait partie de cet ensemble de lacs situés dans le delta intérieur du Niger. C'est une région humide aux confins du Sahara, qui a connu une histoire troublée entre éleveurs nomades et agriculteurs sédentaires d'un côté, entre agriculteurs et pêcheurs d'un autre et aussi entre les différents groupes d'éleveurs ; tous se disputant la gestion des ressources naturelles que sont l'eau et les zones de pâturage. Cette situation s'est aggravée avec les différentes sécheresses qu'a connu la région entre 1968 et 1972 et qui ont vu l'eau du lac et les pâturages s'assécher. A cela s'ajoutent d'autres facteurs.

L'importante évolution démographique liée à la croissance naturelle et au retour des réfugiés maliens suite à la rébellion de 1992 entraînant une demande de plus en plus croissante en terre de culture.

L'introduction des cultures de contre saison pose l'épineux problème du partage de l'espace entre les agriculteurs. Avant la sécheresse, la production était autosuffisante. Dès la récolte, les champs et les pâturages du lac étaient abandonnés aux éleveurs. Avec la sécheresse, la production a baissé ce qui a fait naître chez les agriculteurs un besoin de recherche d'autres sources de revenu et les terres jadis abandonnées aux éleveurs sont désormais utilisées à cette fin. Les recettes issues de la vente des cultures de contre saison servent à acheter les compléments de céréales nécessaires à la consommation familiale.

L'assèchement des pâturages fait aussi que les éleveurs descendent plus tôt que d'habitude dans le lac. Ce qui entraîne des conflits qui peuvent entraîner des recours en justice qui malheureusement se font presque toujours au détriment des agriculteurs. C'est ainsi qu'un agriculteur disait à un juge « Moi ma terre ne bouge pas. Ce sont les animaux qui se déplacent. Pourquoi donc je deviens auteur là où je suis victime ? ». Sa question est semble-t-il restée sans réponse. C'est ainsi que les terres situées au sud du lac ont été abandonnées par les agriculteurs.

La réforme de 1973 dont l'objectif était de donner la terre aux véritables exploitants pour augmenter la production et de supprimer le métayage l'a plutôt aggravé tout en créant des conflits entre les anciens propriétaires terriens et les nouveaux.

ZONE INONDEE DU TARABE-KOROMBANA

Abdramane DIOP¹

¹ : Coordinateur N.E.F. Mali

La NEF (Near East Fondation) est une ONG internationale intervenant à Douentza dans la région de Mopti depuis 1984. Ses premières actions, visant d'abord l'aide d'urgence, ont évolué au fur et à mesure vers la mise en place d'un développement communautaire durable.

La zone d'intervention estimée à 21 903 km² couvre six (6) arrondissements et constitue le terroir attaché de quelques 170.000 habitants, repartis dans 290 villages et hameaux.

Cette aire géographique assez vaste se divise en deux zones agroclimatiques distinctes : la zone exondée (le seno) et la zone inondée du Tarabé-Korombana qui fera l'objet de notre communication.

Située dans le delta intérieur du Niger, la zone du Tarabé-Korombana est le trait d'union entre la région de Mopti et celle de Tombouctou.

Son climat du type sahélo-saharien se caractérise par des vents violents (Harmattan), des températures caniculaires (45°C en avril et mai) et une faible pluviométrie (200 à 300 mm/an).

L'écosystème est peu fourni, où en plus des doumiers existent d'autres espèces végétales ligneuses (en voie de disparition) et herbacées. Il existe aussi d'importantes ressources en eaux tant souterraines (nappe phréatique proche) que de surface notamment le lac Korientzé, le fleuve et les mares couvrant plus de 2000 ha de plan d'eau où se réfugie une avifaune très diversifiée.

Quant aux activités économiques, elles reposent essentiellement sur l'exploitation intensive des ressources locales existantes dans le but de faire face à l'insécurité alimentaire chronique qui caractérise la zone depuis plus d'une décennie.

Les activités économiques menées, telles que l'agriculture (cultures sèches, irriguées, décrues etc...), l'élevage (bovins et petits ruminants surtout), et le commerce reposent en grande partie sur les seules ressources halieutiques et forestières qui sont dangereusement menacées de disparition

C'est pourquoi une gestion intégrée de ces ressources s'avère impérative pour garantir la survie des populations autochtones à long terme. Les conditions agroclimatiques et socio-écologiques (accroissement naturel > 1,6 % par an), ainsi que l'enclavement sont certes des facteurs aggravant la dégradation des zones inondées mais il devient urgent aujourd'hui de susciter un éveil de conseil par rapport à cette catastrophe afin d'établir des règles d'utilisation durable de ces ressources qui constituent sans doute la trame de survie des populations.

C'est à cela que la N.E.F. œuvre depuis mars 1999 en vue de parvenir à un plan de gestion durable des ressources naturelles admis de tous en zone humide du Tarabé-Korombana.

LE POUVOIR PARTAGE ET LE DEVELOPPEMENT DURABLE POUR UNE AGRICULTURE MARAICHERE FORTE A BAMAKO

Dieudonné ZALLE¹, Ousmane MAIGA²

¹ : FLASH-Bamako, Maire de la commune V de Bamako

² : ISFRA Bamako

Le maraîchage n'est pas un fait nouveau à Bamako. On le pratiquait dans la petite brousse ou « diasa » et dans les jardins de cour. Ce maraîchage traditionnel a été progressivement remplacé par une agriculture maraîchère dite moderne grâce à la présence coloniale française. Cependant, cette culture de légumes a connu un essor récent. Son développement remonte aux années 1960 et surtout à partir de 1970. Deux ordres de facteurs expliqueraient cet état de fait : d'une part, une demande accrue de fruits et légumes consécutive à la croissance de la population urbaine et à l'évolution des habitudes alimentaires relative au mode de vie urbaine, la crise de l'emploi et la paupérisation des citadins d'autre part. Des circonstances politiques et économiques diverses aidant, ces facteurs ont contribué à augmenter le nombre de maraîchers et à accroître les superficies cultivées à l'intérieur et autour de la ville.

La production locale, certes importante, reste malgré tout insuffisante par rapport aux besoins de consommation. Pour juguler ce manque, les bamakois ont recours à l'arrière pays. Essentiellement destinée à la vente, la production maraîchère génère des revenus importants dans l'équilibre de l'économie familiale et urbaine. En plus des activités qui lui sont directement liées, le maraîchage a également un effet d'entraînement sur l'emploi dans les autres secteurs d'activités, notamment l'artisanat et les services urbains.

Toutefois, en dépit du rôle important qu'elle joue localement, l'agriculture maraîchère est aujourd'hui remise en cause à Bamako. La poussée urbaine par l'extension des superficies bâties à vocation résidentielle, commerciale ou industrielle constitue une menace pour le développement de cette activité voire même sa survivance à terme. Cette poussée est à l'origine de graves crises mal arbitrées qui sont entre autres l'insécurité foncière et la pénurie de terre qui s'expliquent par le peu d'intérêt accordé dans les politiques de développement (mise en œuvre des schémas d'aménagement urbain), l'absence de législation spécifique (base juridique légale et d'encadrement approprié) et surtout les mesures politiques et administratives inopportunes tendant à restreindre les pratiques agricoles dans la ville. D'autres contraintes non moins importantes perturbent la pratique maraîchère. Il s'agit du manque de politique d'information, d'éducation, de communication et surtout de l'absence de cohésion des producteurs en proie aux commerçants et aux autorités politiques et administratives.

Malgré ces contraintes majeures, le maraîchage tient bien son rôle nourricier et pourvoyeur d'emplois et de revenus. Il se fraye un chemin à travers les faiblesses de l'administration foncière qui ne manque pourtant pas de moyens de soutien. L'agriculture maraîchère doit alors son salut à la détermination des intervenants de la filière encouragés par un marché potentiel réellement important. Toutefois son articulation avec les autres secteurs d'activités est un « gaz sûr » pour un développement durable à Bamako. La décentralisation actuelle promet un cadre idéal du fait qu'elle augure un pouvoir partagé pour un développement durable compatible avec une agriculture urbaine forte.

L'ECHELLE DES MOYENS D'EXISTENCE ET LA GESTION COMMUNAUTAIRE DES RESSOURCES NATURELLES : LA DECENTRALISATION ET LES CONFLITS AGRO-PASTORAUX DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER.

William MOSELEY¹, Julia EARL¹, Lassine DIARRA²

¹ : Sustainable Agriculture and Natural Resource Management Collaborative Research Support Program (SANREM CRSP). Université de Géorgie, Athens, GA. US

² : Institut d'Economie Rurale (IER), Bamako, Mali.

Au Mali, les travaux relatifs à la gestion communautaire des ressources naturelles sont relativement nombreux. Si la plupart d'entre eux s'accordent pour dire que le contrôle local de la gestion des terroirs aboutit à une agriculture durable, très peu se sont penchés sur la question de savoir comment coordonner plusieurs moyens d'existence, ou système de production, qui n'opèrent pas à la même échelle dans un cadre de gestion communautaire. La république du Mali est en train de mettre en place une politique de décentralisation qui donnera le pouvoir de gestion des terroirs aux élus locaux. Cet article examine les implications de cette nouvelle politique dans une commune où des conflits agro-pastoraux surgissent depuis longtemps suite à l'utilisation de ressources situées à cheval sur le delta intérieur du Niger et les terres sèches avoisinantes. L'article tente de répondre à trois questions.

- 1) Quelle est la dynamique actuelle entre les agriculteurs et les éleveurs dans la commune de Madiama ?
- 2) Quel sera l'impact de la décentralisation sur les moyens d'existence des agriculteurs et des éleveurs ?
- 3) Y a-t-il des initiatives pouvant alléger les conflits agro-pastoraux dans le nouveau contexte de la décentralisation ?

L'article démontre aussi que les conflits agro-pastoraux étaient exacerbés par la sécheresse, la baisse de la crue, l'agriculture extensive et la pression démographique. En absence d'une planification régionale, la gestion communautaire des ressources naturelles risque de favoriser les agriculteurs au détriment des éleveurs dans la gestion du terroir. Les conclusions tirées sont basées sur une revue bibliographique et des entretiens semi-structurés avec des membres de la commune de Madiama, ainsi que des fonctionnaires maliens au niveau du cercle, de la région et de la nation.

PROBLEMATIQUE DE LA GESTION INTEGREE DU BAS-FOND DE DJIGUINOUM (SUD SENEGAL).

Palez Michaël N'GASSIE¹, Jean ALBERGEL², Soussou SAMBOU³

¹ : Dpt de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Univ. Cheikh Anta DIOP, DAKAR / SENEGAL.

² : I.R.D. Tunis, El Menzah, TUNISIE

³ : Dpt de Physique, Faculté des Sciences et Techniques. Univ. Cheikh Anta DIOP, DAKAR

Le bassin versant de Djiguinoug (25,74 km²) se situe au nord-est de Ziguinchor sur la rive droite du fleuve Casamance au Sud du Sénégal. Les versants de la vallée sont de forme convexe, la pente ne dépassant pas 3 % est plus prononcée dans la moitié aval tandis que le bas-fond est quasiment plat et concentre les eaux de ruissellement. Le climat est de type tropical, avec une température moyenne de 30°. Cette zone connaissait un essor agronomique très important avant les années 1968, à cause d'une pluviométrie généralement excédentaire. Les paysans occupant ces terres avaient parfaitement su maîtriser l'eau pour rendre productive les vasières difficiles à travailler, ce qui se traduit par une bonne riziculture.

Cependant la sécheresse de 1968 a eu un impact grave sur les zones soudano-guinéennes y compris dans la vallée de Djiguinoug en basse Casamance. Cette situation de sécheresse a entraîné un abaissement des nappes d'eau douce qui perdure, suivi également d'un ralentissement de l'écoulement fluvial. Les conséquences immédiates sont l'invasion des eaux marines dans le réseau hydrographique, la salinisation et l'acidification des vasières occupées par la mangrove et une importante diminution des surfaces cultivées qui sont habituellement réservées à la riziculture, avec pour conséquence la diminution de la production du riz.

Pour lutter contre ces effets néfastes, les organismes de développement gouvernementaux ou non, ont mis en œuvre une politique d'aménagements des bas-fonds, constitués de barrages anti sel en tête de vallée pour freiner l'entrée des eaux salées et retenir les eaux douces provenant des pluies. Plus tard, ce système d'aménagement a été complété par des retenues secondaires en cascades (USAID - PROGES). La gestion intégrée de ces scénarios d'aménagements n'a cependant jamais été faite.

Dans cette communication nous proposons un historique des aménagements anti sel en Casamance. Nous posons ensuite la problématique de la gestion intégrée du bas-fond de Djiguinoug, tenant en compte les facteurs climatiques (déficits pluviométriques), hydrologiques et hydrogéologiques (modélisation de la relation pluie-débit et fluctuations de la nappe) et socio-économiques (pression anthropique sur le bas-fond), en mettant l'accent sur les interactions entre ces différents facteurs pour maintenir un équilibre stable.

LA GESTION DIRECTE DES ZIT NON CLASSEES PAR LES COLLECTIVITES LOCALES : UNE POLITIQUE INSTITUTIONNELLE, PUIS UNE DEMARCHE OPERATIONNELLE. LE CAS DU DELTA DU SENEGAL.

Patrick D'AQUINO¹, Seydou CAMARA², Babacar DIOP³

¹ : d'aquino@telecompilus.sn

² : SAED - BP 74 - St Louis – Sénégal

³ : ASSESCAW, BP 75, Ross Béthio - Sénégal

Les expériences de gestion décentralisée des ressources naturelles renouvelables ont encore un bilan mitigé, marqué en particulier par un interventionnisme directif des services d'appui quels qu'ils soient (institution publique ou ONG), souvent masqué sous un discours participatif. Cela a amené à l'expérimentation d'une nouvelle démarche, débutée en 1997 dans la vallée du fleuve Sénégal, qui implique un considérable renversement des priorités de l'intervention. L'hypothèse de la démarche est que les difficultés rencontrées actuellement dans la gestion décentralisée des ressources, et en particulier des zones inondables, ne sont pas dues intrinsèquement à un "mauvais" comportement paysan mais à une attitude déférente et dirigiste de la plupart des services d'appui, quels qu'ils soient (institution publique ou ONG), tous inconsciemment dévoués à une approche technocratique de la gestion locale : dans le meilleur des cas, leur mission est de transmettre aux populations les réponses techniques dont elles ont besoin pour bien gérer leur patrimoine ; dans le pire, leur rôle est de proposer aux populations les solutions adéquates, issues de leurs savoirs et de leurs diagnostics externes. Au contraire, l'Opération Pilote POAS expérimentée dans le delta du Sénégal était basée sur d'autres principes. Tout d'abord, la gestion locale des ressources naturelles renouvelables est un enjeu complexe dans laquelle les contraintes techniques sont rarement les causes premières des difficultés. Ainsi, personne d'autre mieux que les populations locales ne peut intégrer les différentes dimensions sociales, anthropologiques, politiques et autres qui se cachent derrière toute question de gestion locale de l'environnement. Ensuite, il n'existe pas de solution ou de démarche miracle, applicable ou imposable à toutes situations. Le partenariat traditionnel avec les services d'appui (expertise technique, démarche participative, co-gestion,...) est ici profondément remis en cause. Plutôt que de laisser l'encadrement technique rechercher une solution de gestion "avec", ou à place, des populations, c'est-à-dire sans la connaissance nécessaire des mécanismes et des facteurs locaux essentiels, l'Opération Pilote POAS a préféré aider les collectivités locales à acquérir rapidement la légitimité, l'information et l'expérience nécessaire pour rechercher seules les solutions à une gestion locale des ressources. Le premier objectif n'est ainsi plus d'établir des plans de gestion durable des ressources avec les populations, mais d'aider les organisations locales à rapidement affirmer et accroître leurs compétences, afin qu'elles bâtissent ensuite seules et progressivement une politique durable de gestion des ressources. L'apprentissage, au centre de la démarche, concerne alors tout l'environnement institutionnel local sur les quelques années d'intervention : tous doivent trouver leur nouvelle place dans un processus qui laisse l'entière liberté de décision aux responsables locaux des populations, les autres partenaires se plaçant en conseiller technique, en informateur et formateur sur demande. Face à une question aussi complexe que la gestion locale d'un espace naturel aux valeurs environnementales, économiques et sociales multiples, seule une analyse interne, seule une dynamique entièrement endogène, seule une instance locale de décision (c'est-à-dire autonome de toute influence extérieure), peut parvenir à identifier et négocier une politique de gestion qui perdurera après l'intervention extérieure. Mais cette démarche répond implicitement à une question de fond qui ne nous semble pas encore réglée : qui a légitimité pour décider de l'avenir d'un espace environnemental sensible non classé ? Les usagers locaux ou les instances internationales ?

GESTION INTEGREE A L'EPREUVE DE LA DECENTRALISATION**Bréhima KASSIBO¹**¹ : Socio-anthropologue - Institut des Sciences Humaines - BP 159 ; Bamako (Mali)

De l'indépendance du Mali à nos jours, la gestion institutionnelle des ressources naturelles du Delta central du Niger a revêtu plusieurs formes, au nombre desquelles la gestion sectorielle qui a longtemps été privilégiée par l'Etat au détriment des autres. Ce type de gestion répondait à une politique de développement sectoriel des ressources nationales, caractérisé par un encadrement technique intensif des acteurs ruraux et par la création dans la décennie 75, d'Opérations de Développement Rural (ODR), telles que l'Opération Riz Mopti, l'Opération Pêche, l'Opération Mil et l'Opération de Développement de l'Elevage en 5^{ème} région (ODEM). L'échec patent de la politique des ODR aboutit à l'expérimentation de la gestion participative qui déboucha à son tour, avec l'avènement de la décentralisation, sur la gestion décentralisée des ressources naturelles renouvelables. Les collectivités décentralisées sont dotées d'autonomie en matière de gestion financière et environnementale dans un cadre défini par la loi. De plus en plus les autorités communales aussi bien que les gestionnaires traditionnels réclament une plus grande part de responsabilité dans les processus décisionnels en matière de gestion des ressources locales. Le principe de subsidiarité attribué aux entités décentralisées, plaide plutôt pour l'avènement d'une gestion de proximité des ressources locales. Dans de telles conditions la décentralisation n'apparaît-elle pas de prime abord comme un obstacle potentiel à la gestion intégrée des ressources naturelles ?

Sur un autre plan, cette forme de gestion implique la coordination d'objectifs pluri-sectoriels auxquels sont liés des enjeux énormes en matière d'accès et de contrôle de la ressource : forêts, pâturages, pêcheries, terres arables, etc. Sur la question du partage de l'eau, l'Etat a privilégié à travers la construction des barrages, la production de l'énergie électrique et l'agriculture irriguée, au détriment d'autres activités productives comme la pêche et l'élevage. Ainsi les fréquents et irréguliers lâchés d'eau du barrage de Sélingué, destinés à réguler la production de l'énergie électrique perturbent gravement le cycle normal de pêche dans le Delta central du Niger, sans oublier que l'expansion programmée de la superficie de l'Office du Niger à un million d'hectares, pourrait compromettre dangereusement, à cause de l'évaporation annuelle de millions de m³ d'eau, le déroulement harmonieux des autres activités connexes.

Présentement la gestion intégrée des ressources naturelles apparaît comme la solution la mieux appropriée pour l'harmonisation des pratiques multi - sectorielles du Delta central du Niger ; en cela, elle se révèle à la fois comme un défi politique, scientifique et technologique à relever par l'ensemble des acteurs concernés qui devraient s'atteler à la formulation et la mise en place d'outils de gestion appropriés.

TRAVAILLER DANS LA RECHERCHE AU MALI : PROFILS ET DISCOURS DES AGENTS DE RECHERCHE MALIENS COLLABORANT AU PROGRAMME GIRN DU DELTA INTERIEUR DU NIGER.

Marie-Laure DE NORAY¹

¹ : Sociologue - 14, rue du Faubourg Poissonnière - 75010 Paris - 01 47 70 51 59 ou 06 16 51 86 53

mldenorav@hotmail.com

Les processus de recherche concernant les ressources naturelles s'articulent autour d'une série d'acteurs dont les relations et les productions forment une filière. Du releveur de données au chercheur responsable d'un programme, les professions de la recherche ont des enjeux spécifiques et communs. En restituant et en analysant le discours recueilli auprès d'agents de recherche travaillant sur le delta intérieur du Niger, on s'interroge sur la question de l'appropriation de la recherche – finalités, outils, résultats - et sur la circulation des connaissances au sein de la filière.

A partir des cursus professionnels des agents interrogés et de leur auto-positionnement (par rapport à leur objet de recherche et à leur environnement humain, notamment hiérarchique), on dégage des profils-types, ainsi que des critères de variabilité de la notion d'appropriation de la recherche. On analyse les particularismes des métiers de la recherche dans le contexte socio-culturel malien d'une part, dans un cadre international marqué par les liens de coopération avec la France, d'autre part. On verra en quoi ces métiers sont facteurs d'intégration sociale et en quoi, surtout, ils ne le sont pas, avec, en corollaire la notion de crédibilité de la fonction au sein de l'entourage et sur le terrain (les producteurs, les cadres locaux).

Les attentes et les points de vue exprimés quant à l'information scientifique, à la formation technique et au retour des contributions sous forme de résultats, permettent de cerner les principaux traits de la circulation de l'information au sein de la filière et d'en relever les lacunes.

Enfin, on tente de définir les «moteurs» de la recherche tels que les perçoivent les agents du delta : participer au développement de la région, du pays, faire avancer les connaissances, assouvir une curiosité intellectuelle, faire carrière, etc... Dans ce cadre, on s'intéresse à l'image du chercheur auprès de ces agents, et aux stratégies personnelles qu'ils développent ou qu'ils envisagent pour cheminer dans les filières de la recherche.

EXPERIENCES DU CENTRE REGIONAL AGRHYMET EN MATIERE DE SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT AU SAHEL

Abou AMANI¹

¹ : centre AGRHYMET - BP 11011 – Niamey

Le Centre Régional AGRHYMET qui est une institution spécialisée du CILSS a pour vocation la formation et la production et la diffusion de l'information dans les domaines de la sécurité alimentaire et de gestion des ressources naturelles. Afin de remplir son rôle pour ce qui est de l'information, le Centre s'est doté d'un système régional de suivi de la campagne agricole et de l'environnement dans les pays membres du CILSS.

Ce système est basé sur la structure organisationnelle du système AGRHYMET qui est composée du Centre Régional AGRHYMET (CRA) à Niamey et de neuf Composantes Nationales AGRHYMET (CNAs). Chaque CNA dispose d'une structure technique appelée GTP (Groupe de Travail Pluridisciplinaire) qui regroupe généralement les services techniques suivants : les directions de la météorologie, de l'agriculture, de l'hydraulique, de l'environnement, de la statistique. A travers les deux stations de réception satellitale existantes au CRA (NOAA et METEOSAT), des données satellitales viennent en complément aux données reçues des pays.

Les données biophysiques collectées à travers les CNAs et concentrées au CRA y compris les données satellitales sont traitées, analysées et diffusées. Pour ce qui est du suivi de la campagne agricole, des bulletins décadaires et mensuels sont édités et diffusés donnant le déroulement de la campagne agricole durant la saison des pluies. De même dans ces bulletins, des informations sur l'état de l'environnement sont données. Il s'agit des produits climatologiques, hydrologiques et des produits découlant de l'analyse des NDVI.

Après la présentation et une analyse critique du système AGRHYMET comme système régional de suivi de l'écosystème sahélien, quelques exemples des produits relatifs au suivi de l'environnement (lac Tchad suivi à partir des images NOAA, estimation des pluies par satellite, etc...).

LES ZONES INONDABLES TROPICALES ET PRODUCTIONS AGRICOLES : EXEMPLE DES BAS-FONDS EN CASAMANCE (SENEGAL).**Honoré DACOSTA¹, R. MALOU², E. L. AKPO²**¹ : FLSH, Ucad² : FST, Ucad

Le contexte actuel de péjoration climatique en zone soudano-sahélienne a contribué à déstructurer les systèmes de productions agricoles par la réduction des disponibilités en eau de surface et des réserves souterraines. Cette situation contraignante a accru le risque agricole dans les zones de plateaux. Ceci a conduit les paysans à intensifier la mise en valeur des bas-fonds. Si en Casamance il s'agit d'une tradition millénaire, les nouvelles conditions climatiques ont imposé de nouvelles stratégies de gestion des ressources en eau dans ces agrosystèmes. La gestion traditionnelle des ressources en eau dans ces zones inondables est basée sur un découpage en casiers avec un mode ingénieux de contrôle du plan d'eau en fonction du cycle des cultures. A ce système s'ajoute aujourd'hui la construction de digues de retenue, de barrages anti-sel permettant de sécuriser de plus grandes surfaces de culture dans les bas-fonds.

Cette communication porte sur les caractéristiques de ces agrosystèmes, les modes traditionnel et moderne de gestion des ressources en eau et leurs impacts sur le milieu.

L'importance socio-économiques sera appréhendée par l'analyse des productions des diverses spéculations ayant cours dans ces bas-fonds, les conséquences de la réduction des disponibilités en eau sur les rendements ainsi que l'organisation sociale de la production et ses effets sur ces dernières.

IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE DES INONDATIONS DE LA PLAINE DU LOGONE (EXTREME - NORD CAMEROUN)

Anselme WAKPONOU¹

¹ : Dépt de Géographie FALSH
Université de Ngaoundéré

Le Logone est l'unique cours d'eau à écoulement pérenne de tout l'Extrême-Nord Cameroun. Sa plaine d'inondation s'étend de part et d'autre de son cours, entre la République du Tchad et la République du Cameroun. La rive gauche qui nous intéresse ici est la partie orientale de la vaste « plaine du Tchad ». Cette dernière s'étale à une altitude moyenne de 300m, du cordon sableux Limani-Yagoua (marque du rivage sud du paléomégalac Tchad holocène) au lac Tchad actuel. Sa déclivité imperceptible (pente = 0,004 du sud vers le nord) fait découvrir son extrême platitude. Dans les détails on y décèle d'innombrables buttes anthropiques (artificielles) héritées de la vieille civilisation Sao qui constituent des bombements de terrains de moindre importance.

Ce sont ces horizons plans sous un tapis d'herbacées grillées par 9 mois (déc.- août) de canicule de la saison sèche qui se transforme pendant 3 mois (sept. – nov.) en une vaste étendue lacustre, passant vers le nord en une grande prairie lacustre : le « Yaéré ». Cette situation est générée par les inondations du Logone, commandées surtout par les précipitations plus importantes (1500 mm en moyenne par an) sur le plateau de l'Adamaoua plus au sud où la rivière prend sa source, que par les quelques 700 mm de précipitation moyenne par an reçus par la plaine.

Ce milieu, ingrat de prime abord, a par bien des égards (ses vertisols, ses réserves d'eau assez longtemps durant la longue saison sèche) attiré de nombreuses peuplades au cours de l'histoire, bien avant l'arrivée, le soulèvement, l'expansion et la prise du pouvoir politique par les peuls (Foulbé) venus de l'ouest (Sokoto ?) entre le XVIII^e et le XIX^e siècle.

En effet, les Arabes choa, éleveurs nomades venus du Kordofan et du Darfour (soudan) sont signalés dans le delta marécageux du Logone-Chari dès le XVII^e siècle. Ils s'y sont installés entre les villes des Kotoko, descendants des Sao. Si ces Kotoko sont traditionnellement des pêcheurs, leurs congénères néo-soudanais venus de l'est : les massa et les mosgoum sont agriculteurs.

Ces multiples populations se sont dès lors adaptées à leur milieu, planifiant leurs activités (rurales) plus ou moins en fonction du régime hydrologique du Logone. Même l'avènement de la riziculture irriguée depuis 1950 est basé sur ce principe.

Thème 2a

Processus d'édification des ressources naturelles en Zones Inondables Tropicales

coordinateur : Robert Arfi (GIHREX, IRD, Marseille)

médiateur : Modibo Sidibé (IER)

TEXTE DE CADRAGE DU THEME 2A :
PROCESSUS D'EDIFICATION DES RESSOURCES NATURELLES
EN ZONES INONDABLES TROPICALES

Robert ARFI¹

¹ : IRD, Station Marine d'Endoume, Marseille (France)

De par leur localisation géographique, les conditions climatiques régnant dans les ZIT (arides ou semi-arides, pour l'essentiel, avec des pluies faibles et irrégulières) ne permettent pas des productivités naturelles ou artificielles élevées.

La crue est le moteur de l'édification des ressources

La crue (irruption locale d'un phénomène exogène) et l'inondation généralisée qui s'en suit transforme un environnement aride en un environnement humide et entraîne le basculement des conditions naturelles, rendant possible le développement de processus naturels (réseaux trophiques aquatiques) et leur exploitation (agriculture, élevage, pêche). En tant que moteur assurant le transfert (entrée d'énergie dans le système, amenant l'eau, les particules et le matériel dissous), la crue accompagne les précipitations locales dans l'édification des ressources en situation favorable du point de vue de l'hydrodynamisme, de la turbulence et du temps de résidence. Dans ces milieux peu profonds, la productivité va dépendre :

- des conditions naturelles, via la climatologie locale, la profondeur régulant la structure verticale de la colonne d'eau, et donc l'éclairement et le réapprovisionnement de la couche euphotique en éléments nutritifs, conditions indispensables à la production primaire et au développement des réseaux trophiques aquatiques ;
- et des aménagements, via le contrôle des entrées, et donc des volumes transitant et des temps de résidence.

On pourra s'interroger sur : la dynamique spatiale et temporelle de l'inondation, les modalités des apports (débits entrants, pluies) et des sorties (débits sortants, évaporation, évapotranspiration, infiltration), la variabilité interannuelle (climat local et régional), la typologie des systèmes (lenticques, lotiques, permanents, temporaires) et des crues (temps de résidence dans les différents milieux, fleuve et défluent, lacs et mares, plaines d'inondation)

Les caractéristiques propres des ZIT contrôlent l'édification des ressources

Faible profondeur et donc rôle déterminant des énergies auxiliaires, température élevée, éclairement fort et constant sont autant de caractéristiques des zones inondables en milieu tropical. Ces caractères distinctifs peuvent expliquer la rapide colonisation des sites en eau et le très fort développement de biomasse végétale que s'en suit. Ils expliquent aussi le rôle plutôt secondaire joué par le compartiment pélagique, largement dominé par des macrophytes triomphantes, en terme d'accès et d'utilisation aux ressources énergétiques et nutritives. La transformation locale d'un matériel essentiellement d'origine allochtone va donc obéir à des règles particulières.

On s'intéressera au contrôle par la ressource nutritive, à la régulation physique de la transparence de l'eau, à la régulation physique (sédimentation accélérée dans les bourgoutières) du transfert de matière entre sites, au transfert du « fourrage » végétal sous forme directe ou transformée en matériel animal (exportation définitive par les sorties et l'exploitation) et enfin au rôle trophique des organismes supérieurs (poissons, petits mammifères, oiseaux).

EVALUATION DE LA SUPERFICIE MAXIMALE ANNUELLE D'INONDATION DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER EN AMONT DU LAC DEBO

Jean-Claude OLIVRY¹, Adamou Hassane²

¹ : IRD - 911 av. Agropolis - BP 5045 - 34 032 Montpellier cedex

² : IRD – BP - 84 Bamako

A l'occasion de travaux de recherche sur les ressources piscicoles et la pêche dans le delta, une première estimation des superficies inondées a été faite à partir du bilan hydrologique des pertes totales entre entrées et sorties du delta (Olivry, 1993, 1995). Ces estimations, concernant les surfaces maximales d'inondation de l'ensemble du delta, donnent pour les années humides des valeurs trop élevées limitant de fait la validité du modèle proposé. Une première hypothèse simple supposait que tout ce qui était perdu dans l'année était consommé par évaporation sur les surfaces inondées aux infiltrations près ; le remplissage des lacs de périphérie du delta dans les années humides ne supposant leur assèchement qu'au bout de plusieurs années sans apports infirme cette hypothèse. Sans développer d'autres critiques sur la démarche de fond de ces travaux, il faut rappeler que l'imagerie satellitale n'a pas permis à ce jour de proposer de chroniques de l'inondation du delta. Le niveau d'inondation atteint chaque année est une variable dont dépend le niveau de production des ressources renouvelables ; il est bien évidemment dépendant de la puissance annuelle de la crue, mais le passage d'un débit ou d'une hauteur de crue à une superficie inondée est moins évident. Pour s'affranchir des problèmes de remplissage des lacs de rive droite et de rive gauche de la partie aval du delta intérieur, on a limité la recherche présentée ici à la partie amont du delta intérieur, matérialisée à l'aval par les sorties du lac Débo.

Le principe est d'abord de constituer de manière conceptuelle une chronique de surfaces maximales annuelles d'inondation, puis de modéliser cette variable de manière empirique en regard de variables hydrologiques dont la distribution statistique est connue.

Il faut passer d'un volume de pertes annuelles consommé par évaporation à une évaluation de cette évaporation sur un pas de temps plus réduit qui est ici le pas de temps mensuel. Le suivi des débits d'entrée dans le delta de Ké-Macina sur le fleuve Niger et de Douna sur le Bani, d'une part, et des débits de sortie du lac Débo à Akka et autres défluent, d'autre part, permet de déterminer des volumes mensuels stockés dans les plaines d'inondation ou au contraire restitués en phase de décrue. La courbe de variation saisonnière de ces volumes (pertes ou gains au niveau du fleuve) montre des pertes maximales généralement en septembre (pouvant dépasser 10 km³) et un retour maximal au fleuve en décembre-janvier (pouvant atteindre 2 km³ en volume mensuel).

DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE ET SUIVI DES INONDATIONS DANS LA BASSE VALLEE DU FLEUVE SENEGAL

Alioune KANE¹

¹ : Univ. UCAD - Fac. Lettres et sciences humaines - dpt géographie – Dakar

L'importance des hautes eaux, des crues et des débordements du fleuve Sénégal est confirmée avant 1903. Par exemple la crue de 1890 fut tellement forte que le Sénégal gonflé par des précipitations abondantes déborda dans toutes les directions. Le colonel FREY signale que cette année-là, " la ville de Saint-Louis se trouva en partie submergée et que dans cette nouvelle Venise, la circulation n'était possible qu'à l'aide de bacs ou de pirogues". DUCHEMIN (1951), " l'eau de cette année (1890) aurait atteint les salines de Nouaremach situées à 100 km de Nouakchott ". L'eau du Sénégal serait remontée jusqu'à Tirvourvour et aurait rejoint par la vallée de l'Oued Targa les eaux qui descendaient de l'Adrar.

Les grandes crues répertoriées sont celles de 1827, 1841, 1843, 1858, 1866, 1871 et 1890. Au XX^{ème} siècle, les dernières furent celles de 1906, 1922, 1924, 1935, 1936, 1950.

Un profond bouleversement climatique est intervenu à la fin du siècle dernier, l'évolution est alors marquée par un appauvrissement généralisé des ressources en eau (sécheresses des années « 13 » et « 40 » et celle récente qui dure depuis 1968).

Depuis deux à trois décennies, de grands programmes d'aménagements hydro-agricoles (barrages, endiguements, canaux d'irrigation) ont été développés dans le but de se libérer des contraintes naturelles (irrégularité pluviométrique, caractère aléatoire de l'eau), mais surtout assurer le développement. C'est l'ère des grands barrages avec l'avènement de Diama en 1985 et de Manantali en 1987.

Le fonctionnement du système fluvial est désormais tributaire de la pluviométrie dans le haut bassin, mais aussi du mode de gestion des barrages. On enregistre un rehaussement généralisé de la ligne d'eau : de plus de 1,30 m IGN à Bakel, 2,11 m IGN à Podor dans la moyenne vallée, les cotes du plan d'eau dans le delta se maintiennent désormais à un niveau supérieur à +1,00 m IGN, : 1,92 m IGN à Diama-amont ; 2,10 m IGN à Rosso ; 2,13 m IGN à Richard-Toll ; 2,14 m IGN à Dagana. Les nappes souterraines enregistrent une élévation de 20 à 50 cm en moyenne de leur toit.

Les premiers débordements importants ont été constatés au cours de la saison des hautes eaux 1994-1995 pour une crue moyenne. La ville de Saint-Louis n'a pas échappé à la furie des eaux, occasionnant le déplacement de populations (120 000 personnes se sont retrouvées sans toit dans la région, en proie à des problèmes sanitaires et à l'inondation des terres cultivables).

Les inondations de 1994 s'expliquent par la conjonction de plusieurs faits. L'hivernage dans son ensemble a été particulièrement pluvieux, qualifié d'ailleurs de « la saison des pluies qui a été la plus humide depuis 30 ans dans le Sahel occidental », Saint-Louis connaît un record de 132 mm de précipitation relevée en quelques heures, et de surcroît enregistre en même temps une marée haute. Les volumes écoulés sont importants soit 24 milliards de m³, le débit maximum observé pendant la crue à Bakel est élevé soit 4 156 m³ en septembre. Les apports des affluents non encore dotés d'ouvrages de régulation des eaux, en l'occurrence le Bakoye et la Falémé ont été importants et ont joué un rôle majeur dans le déclenchement des inondations.

"La présence des barrages a été capitale dans le contrôle de la crue, sinon ce sont des débits largement supérieurs à 2 000 m³/s qui auraient déferlé vers St-Louis et la situation dans cette ville serait de loin plus catastrophique qu'elle ne l'a été au cours de la crue" selon l'OMVS, eu égard certainement à la pression foncière et à l'occupation anarchique de l'espace depuis quelques années. Les mêmes explications sont encore servies ces dernières années, notamment en 1999 (près de 14

milliards de CFA de dégâts), malgré la plus grande maîtrise dans la gestion des barrages et l'édification d'une digue périphérique en terre stabilisée.

La mise en place d'aménagements hydrauliques complexes dans le delta et la basse vallée, combinée aux effets des grands barrages, ont complètement modifié les conditions d'écoulement. Ces bouleversements peuvent prendre un caractère particulièrement grave, notamment lorsqu'ils se conjuguent avec l'installation des populations dans des zones dépressionnaires. Le défi est de parvenir à une meilleure compréhension des changements de la dynamique fluviale, à une bonne connaissance du fonctionnement actuel de l'ensemble de l'hydrosystème aujourd'hui très fortement anthropisé.

SIMULATION DE LA PROPAGATION DES CRUES DU FLEUVE SENEGAL : POSSIBILITES ET LIMITES

Soussou SAMBOU¹, Philippe VAUCHEL², Gora N'DIAYE³

¹ : Dpt de Physique, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop Dakar SENEGAL

² : IRD, Centre de DAKAR HANN. Dakar / SENEGAL

³ : Ministère de l'Hydraulique, Dakar / SENEGAL

Le fleuve Sénégal, d'une longueur de 1780 km coule à l'intérieur d'un bassin versant de 30.000 km², qui s'étend de la zone tropicale humide (au sud dans la zone montagneuse du Fouta Djallon) à la zone sahélienne à l'ouest. Le relief, accentué au sud, diminue progressivement, pour être inexistant dans la basse vallée, et même au-dessous du niveau de la mer dans le Delta. La vallée du Fleuve Sénégal, fait l'objet d'une intense activité agricole, en particulier depuis la construction des barrages de Manantali (sur le Bafing, branche maîtresse) et de Diama (dans le Delta). Cependant, sa configuration topographique particulière (relief pratiquement plat, hautes levées entaillées de brèches communiquant avec des dépressions) l'expose aux inondations lors des crues exceptionnelles, qui peuvent être très préjudiciables, aussi bien pour les populations riveraines que pour les cultures de décrue. Par ailleurs, le caractère fortement non univoque des stations de jaugeages (en dehors de celle de Bakel) rend difficile la traduction des hauteurs d'eau en débits.

Nous allons dans cette communication comparer différentes méthodes de simulation de la propagation des crues dans la vallée, depuis les méthodes déterministes jusqu'aux méthodes statistiques de boîte noire, en passant par les méthodes hybrides, combinant les deux. Les performances de ces différentes méthodes seront testées à l'aide de critères de qualité locaux et globaux. Nous insisterons sur les difficultés qui résultent de la représentation du bassin versant, et de la fiabilité des données qui constituent les entrées du modèle. L'accent sera mis ensuite sur l'application à la prévision des crues, en vue de prévenir à temps les catastrophes découlant des inondations, dans un système global de gestion intégrée des ressources en eau de la vallée.

IMPACT DE LA DYNAMIQUE HYDROLOGIQUE SUR LES CYCLES DE NUTRIMENTS EN ZONE INONDABLE TROPICALE EXPLOITEE

Didier ORANGE¹, Robert Arfi², Vincent Bénech¹, Marcel Kuper¹

¹ : IRD, BP 84, Bamako (Mali)

² : IRD, Station Marine d'Endoume, Marseille (France)

Les paysages sahéliens sont réputés pour être des systèmes pédologiques pauvres en éléments mobilisables utiles à la chaîne trophique. Ainsi, de nombreuses études ont pu montrer l'importance de l'organisation des formes du paysage et de son exploitation. En milieu sec sahélien, le système d'exploitation pastorale extensif a un rôle majeur dans la répartition spatiale de la productivité des milieux par son rôle sur la répartition des formes azotées du sol. Qu'en est-il en milieu inondable ?

En zone inondable sahélienne comme le delta intérieur du Niger, le milieu est effectivement pauvre. En période de moyennes eaux, vers février, après les phases végétatives de production, les eaux du delta ont des concentrations en nitrates et phosphates (respectivement 55 µg/l et 11 µg/l) largement inférieures aux moyennes mondiales. Ces deux nutriments sont des facteurs limitants de la chaîne trophique du système inondable du delta intérieur du Niger, alors que la concentration des eaux en ammonium est importante (135 µg/l).

La crue favorise bien sûr une répartition homogène des apports de matières transportées par les eaux du fleuve, du fait de l'inondation. La dynamique des concentrations en nitrates et phosphates au cours de la crue est semblable dans les différents compartiments du paysage : elle ne semble donc ne pas dépendre ni des systèmes d'exploitation, ni des chemins de l'eau. Cependant, une différenciation spatiale de l'évolution des concentrations en ammonium a pu être mise en évidence entre les eaux du fleuve Niger et certaines mares. Dans le cours principal du fleuve, la teneur en ammonium ne diminue pas durant la période des hautes-eaux, contrairement aux teneurs en nitrate ou phosphate : en effet, la concentration en ammonium augmente fortement durant la montée des eaux pour atteindre son maximum (350 µg/l environ) en novembre, en pleine crue. Il semble que cette différenciation soit due à une remise en suspension dans les eaux de la matière organique en décomposition, à cause de la forte hydraulité du système impliquant aussi un blocage de l'activité trophique. Ainsi, l'activation de la libération de NH₄ ne peut être contrée par la consommation en nitrate du fait de cette hydraulité et surtout des forts taux en MES à cette époque. Dans les mares les plus éloignées, la lame d'inondation a perdu sa force hydraulique et la chaîne trophique peut se développer efficacement et consommer alors activement ce surplus d'ammonium.

Enfin, un tel écosystème est une formidable usine à produire : 80 % des flux en nitrate et phosphate sont consommés (2,3 kg/ha/an et 0,4 kg/ha/an) ; seulement 55 % du flux d'ammonium est consommé en terme de bilan. En fait, une grande partie d'ammonium est produite par décomposition de la matière organique puis consommée par nitrification.

FONCTIONNEMENT HYDROSEDIMENTOLOGIQUE DU LAC DEBO : LE ROLE DU BOURGOU.

Samuel DIARRA¹, Didier ORANGE²

¹ : DNH, BP 66, Bamako (Mali)

² : IRD, BP 84, Bamako (Mali)

Le complexe du lac Débo constitue le point de passage obligatoire de toutes les eaux d'écoulement provenant du bassin supérieur du Niger et traversant le delta intérieur. L'étalement du plan d'eau au niveau de ce lac central provoque un ralentissement des écoulements qui devrait se traduire par une décantation des matériaux transportés par le fleuve et donc à une sédimentation dans le lac. Qu'en est-il ? Une campagne hydrosédimentologique a été effectuée en novembre 1999, ainsi 169 carottes ont pu être analysées.

Les dépôts du lac Débo sont constitués essentiellement de sables de différents diamètres, de limons et de vases argileuses, dont l'analyse granulométrique montre une différenciation sédimentaire actuelle s'opérant tant de l'entrée du lac vers l'aval, que du lit vers les berges. La répartition spatiale des vases met en évidence le rôle du bourgou (plante aquatique). En effet, aux voisinages des touffes de bourgou, les dépôts prennent un caractère vaseux à argileux souvent noir, traduisant une sédimentation fine due à des effets de ralentissement du courant par les herbes et associée à une activité de décomposition de matière organique. Il est remarquable qu'en ces endroits, des dépôts sableux grossiers se trouvent sous les dépôts vaseux, traduisant un changement de fonctionnement hydrosédimentologique de l'endroit, que nous attribuons à une colonisation récente du bourgou. La datation de l'événement sera précisée par l'analyse du ¹³⁷Cs en cours.

Par ailleurs, l'analyse des séquences sédimentaires des carottes montre que les dépôts du lac Débo sont fortement dépendants de l'hydraulicité du système. En effet, lors des années à bonne hydraulicité, d'une part les particules érodées des versants se déposent au cours de leur traversée du lac Débo par suite du ralentissement de la vitesse d'écoulement, et d'autre part une partie des dépôts existants, en particulier ceux non consolidés, sont repris en suspension et par charriage vers l'aval du lac et ses points de sorties. Cette succession de phases de dépôts et de reprises a permis à ce lac de survivre sans remplissage significatif. Mais, depuis la période de sécheresse des années 1970 et 1980, la baisse d'hydraulicité a provoqué une réduction significative de la capacité des eaux à la remobilisation des dépôts.

Ce nouveau type de fonctionnement semble confirmé par l'accumulation récente de vases noires aux sorties du lac, pouvant devenir un bouchon vaseux extrêmement préjudiciable non seulement pour la navigabilité du lac Débo, mais surtout pour la continuité de la chaîne trophique de l'ensemble de ce système deltaïque.

CONTROLE ENVIRONNEMENTAL DE LA PRODUCTIVITE PLANCTONIQUE DU DELTA INTERIEUR DU NIGER

Robert ARFI¹

¹ : Station Marine d'Endoume - Rue de la Batterie des Lions - 13007 Marseille – France

Comme toute zone inondable, le Delta Intérieur du Niger est assimilé à un système fortement productif. Ainsi, la crue annuelle du fleuve, phénomène saisonnier majeur, apporterait aux différents types de milieux du delta d'importantes ressources nutritives, même si elle présente d'importantes variations interannuelles. On sait par ailleurs que la production de la pêche d'une année est en relation directe avec la superficie inondée, et donc, à la base, de la production primaire permise par l'inondation qui sera transférée jusqu'au poisson au sein du réseau trophique pélagique.

Les premières données disponibles sur l'enrichissement effectif des milieux en éléments nutritifs et sur la production primaire nuancent l'idée d'un système productif, qui doit être remplacée par celle d'un système dont les potentialités productives en terme de phytoplancton sont très fortement contrôlées par des conditions environnementales. Parmi ces dernières, la stabilité verticale (permise par les amples fluctuations thermiques au cours d'un nyctémère) est un facteur limitant de l'accessibilité aux ressources nutritives, alors que l'instabilité (permise en cas de vent suffisamment fort, dans des conditions particulières de profondeur et de fetch) est un facteur favorisant l'enrichissement de la couche euphotique, et donc la productivité phytoplanctonique.

La forte turbidité du milieu est un autre facteur de contrôle du plancton végétal, qui se retrouve en position défavorable dans sa concurrence avec les héliophytes pour l'accès à l'énergie lumineuse et à la ressource nutritive. Les types de milieu du delta présentent une productivité différente. Fleuve, affluents et défluent sont assimilables à des canaux turbides et peu productifs, dont la productivité est régulée par l'hydrodynamisme. Mares et lacs présentent des alternances de phases d'eau turbides et claires, sous le contrôle du vent et de leur morphologie. La productivité ne peut donc se potentialiser en terme de biomasse que lors de « fenêtres écologiques » favorables, et la nécessaire coïncidence spatiale et temporelle de cette production planctonique et de la demande trophique des jeunes poissons, grands consommateurs de plancton, est impérative pour assurer de bons transferts dans le réseau trophique, et donc un fort recrutement, garant d'une forte activité halieutique.

Les résultats obtenus dans le delta sont comparés avec ceux concernant d'autres zones humides en Afrique, et illustrent le caractère plutôt mésotrophe des sites maliens.

LES MIGRATIONS LATÉRALES DES POISSONS DANS LE DELTA INTÉRIEUR DU NIGER.**Vincent BENECH¹**¹ : IRD B.P. 84, Bamako, Mali

Le Delta Intérieur du Niger est un système fluvial à plaine inondée adjacente qui fournit au Mali une production de poisson élevée mais variable d'une année à l'autre. La crue annuelle est le phénomène saisonnier majeur du milieu et elle est affectée par d'importantes variations interannuelles. Le peuplement de poissons comprend quelques espèces inféodées à la plaine ou au fleuve mais la plupart des espèces migrent vers la plaine inondée au moment de la crue pour y croître ou s'y reproduire, puis reviennent au fleuve à la décrue. La production de la pêche d'une année est en relation directe avec la superficie inondée (Laé 1992), c'est dire que les migrations d'occupation saisonnière de la plaine inondée constituent un phénomène naturel essentiel qui doit être bien compris et préservé pour le maintien du potentiel piscicole de cette région.

Les migrations des poissons entre le fleuve et la zone inondée ont été étudiées en période de crue et de décrue. Un piégeage des poissons a été réalisé au niveau d'un chenal de jonction entre un bras du fleuve et une portion de plaine relativement bien individualisée dont la superficie inondée passe d'une mare de 70 ha en étiage à 1270 ha en phase de hautes eaux. Des pêches réalisées parallèlement à l'intérieur de la plaine ont permis de suivre les variations de densité des poissons résultant des migrations constatées au niveau du chenal.

Ces migrations latérales concernent la plupart des espèces d'importance halieutique ; elles effectuent ainsi une migration très évidente, bien synchronisée avec les phases hydrologiques, rythmées par le nyctémère et pour certaines modulées par les phases lunaires. Il s'agit de migrations trophiques, parfois de reproduction. Différents stades du cycle biologique sont affectés par ces migrations : des jeunes nés dans le fleuve pendant la montée des eaux, mais aussi des adultes dont certains poursuivent leur reproduction dans la plaine inondée. Ces caractéristiques migratoires qui sont essentielles à un bon renouvellement des stocks de poissons peuvent être plus ou moins perturbées par les modifications hydrologiques dues aux aménagements hydro-agricoles.

DEVELOPPEMENT D'UN SYSTEME DE SUIVI ECOLOGIQUE BASE SUR LES OISEAUX D'EAU COMME BIO-INDICATEURS : LE CAS DU DELTA INTERIEUR DU NIGER.

Jan VAN DER KAMP¹

¹ : Conseiller technique de recherche Bureau A&W, Veenwouden, Pays-Bas
c/o Wetlands International – Sévaré - MALI

Un des objectifs du projet 'Contribution à la gestion des zones humides et des oiseaux d'eau du Delta Intérieur du Niger' de Wetlands International est la désignation d'un système de suivi d'oiseaux d'eau afin de pouvoir détecter les changements du milieu - les oiseaux d'eau ayant la fonction de bio-indicateurs -, et d'obtenir des données pertinentes en vue d'une gestion intégrée et durable du DIN.

A ce but l'ensemble du Lac Débo et du Walado Débo, au cœur du DIN, a été choisi comme site à suivre mensuellement dans l'évolution des effectifs d'oiseaux d'eau. Des recensements aériens sur le delta entier servent de référence aux résultats des dénombrements mensuels dans le complexe Débo.

Ladite évolution est présentée à base des effectifs recensés lors de la crue de 1998-99. Elle fait voir une faible présence d'oiseaux d'eau aux hautes eaux suivi par des grands effectifs au cours de la décrue. Dans la période d'avant-projet, durant les années 1990, nous avons déjà pu effectuer plusieurs dénombrements dans les Debos qui nous ont orientés vers le choix de ce site. Cela permet de présenter les premiers résultats d'une étude sur la relation entre le niveau d'eau du Lac Débo et la présence numérique des oiseaux d'eau ; elle couvre la période de décrue des années 1991-2000, entre décembre et mars.

Les oiseaux d'eau établis se font discerner en oiseaux piscivores, benthivores et insecti-/granivores. De chaque groupe un ou quelques représentants sont traités ; il s'agit d'oiseaux de tailles et techniques de fourrages variées, et d'origine bio-géographique différente:

Piscivores:

Le Cormoran africain *Cormoranus africanus*

Le Héron pourpré *Ardea purpurea*

L'Aigrette garzette *Egretta garzetta*

Le Chevalier arlequin *Tringa erythropus*

L'ensemble de la Guifette moustac *Chlidonias hybridus* et la Guifette leucoptère *Chlidonias leucopterus*

La Sterne caspienne *Sterna caspia*

Benthivores:

L'Echasse blanche *Himantopus himantopus*

La Barge à queue noire *Limosa limosa*

Le Chevalier combattant *Philomachus pugnax*

Insectivores/granivores:

Le Grand Gravelot *Charadrius hiaticula*

Le Gravelot pâtre *Charadrius pecuarius*

L'importance du complexe Débo pour les oiseaux d'eau s'explique d'une part par sa grande biodiversité – jusqu'à présent plus de cent espèces signalées, sans considérer les autres - d'autre part les grands effectifs de plusieurs espèces dont une quinzaine satisfaisant au critère-1% de la Convention de Ramsar (sur la conservation et la gestion rationnelle des zones humides).

Cette importance est étroitement liée aux volumes des crues et peut donc varier, à base annuelle, selon ses débits totaux annuels. L'intervalle de décrue dans laquelle les grands effectifs d'oiseaux sont présents peut ainsi varier selon la performance des crues respectives.

De façon générale, on constate que dans la zone Débo, les crues faibles sont potentiellement importantes pour les oiseaux d'eau migrateurs d'origine paléarctique et pour les afrotropicaux, et les crues performantes surtout pour les afrotropicaux. Plusieurs espèces de migrateurs paléarctiques exploitent la zone Débo pour stocker de la graisse - afin de pouvoir migrer vers les aires de reproduction en Eurasie - donc si une crue performante ne leur permet pas d'atteindre des ressources alimentaires à temps, ils seront obligés d'aller les chercher ailleurs.

Plus spécifiquement, les données contiennent des indications selon lesquelles certaines espèces – Cormoran africain, Héron pourpré, les petits limicoles- sont plus sensibles aux conditions de sécheresse que les autres. Quelques explications optionnelles seront avancées.

Parmi les objectifs existants et à venir figurent la production d'une série de cartes du DIN à base d'interprétation photo-satellitaire aux différents stades de décrue, un échantillonnage des stocks de mollusques (ressource alimentaire pour plusieurs espèces d'oiseaux d'eau et pour quelques espèces de poisson également) dans le Lac Débo et l'extension du programme de suivi écologique/ornithologique vers les lacs périphériques du DIN qui ont un autre régime hydrologique.

INONDATION ET HORLOGE BIOLOGIQUE

Wamian DIARRA¹, Bruno SICARD²

¹ : Université de Provence Aix-Marseille I, LPE/IRD

² : Centre IRD, BP 84, Bamako, Mali

La survie des espèces dépend de mécanismes agissant et/ou rétro-agissant à différents niveaux d'organisation (molécules, cellules, organes, organismes, espèces, peuplements, biosphère). Parmi ces mécanismes, l'**horloge biologique** (structure de contrôle de l'expression temporelle des activités biologiques des organismes) joue un rôle adaptatif déterminant en imposant que certains phénomènes biologiques se manifestent à certaines heures ou à certaines saisons. Le fonctionnement de cette horloge repose sur des mécanismes qui permettent à l'horloge de percevoir l'avancement du temps journalier¹ et saisonnier² et sur des mécanismes qui lui permettent de coordonner l'activité des centres de contrôle des fonctions physiologiques et comportementales³.

Les suivis écophysiologiques de nombreuses populations de rongeurs au Burkina Faso et au Mali nous ont conduit à définir le **chronotype** d'une population comme étant l'ensemble des relations de phase spécifiques⁴ et reproductibles⁵ existant entre les activités biologiques saisonnières majeures (reproduction, migration, estivation) de cette population et les fluctuations climatologiques majeures de son environnement (photopériode, température, humidité, inondation, ressources trophiques). L'étude comparative de nombreux chronotypes⁶ montre : - que chez les populations vivant dans des habitats non-inondables, sédentarisation saisonnière et démarrage reproductif anticipent d'autant plus l'arrivée de la **saison pluvieuse** (*période trophique favorable*) que l'habitat est aride⁷ ; - qu'au contraire chez les populations qui vivent dans des habitats inondables, dispersion saisonnière et arrêt reproductif anticipent d'autant plus l'arrivée de la **saison pluvieuse** (*période inondable défavorable*) que l'habitat est fortement inondable. Nos recherches expérimentales en laboratoire et en terrarium montrent que ces chronotypes qui caractérisent l'adaptation temporelle à l'inondation ou à l'aridité s'exprime *via* l'horloge biologique et dépendent en fait de la capacité qu'ont les espèces à percevoir certaines coïncidences récurrentes annuelles existant entre la photopériode, la température, l'humidité relative et les ressources trophiques⁸. Retenons qu'à cause de la concentration des pluies en une saison unique, les mécanismes de l'adaptation temporelle à l'inondation et à l'aridité sont incompatibles en région soudano-sahélienne. Les rongeurs soudano-sahéliens doivent donc choisir entre des stratégies adaptatives orientées vers l'adaptation temporelle à l'aridité ou vers l'adaptation temporelle à l'inondation.

De par sa position et son étendue le Delta Intérieur du Niger comporte une grande diversité de biotopes des plus humides aux plus arides, lesquels sont très inégalement touchés par l'inondation. De ce fait, comme nous l'avons montré, cette vaste zone abrite un grand nombre d'espèces qui développent des stratégies d'adaptation orientées soit vers l'adaptation à l'aridité, soit vers l'adaptations à l'inondation. La connaissance des chronotypes et de leurs mécanismes sous-jacents permet de déterminer les risques démographiques spécifiques (explosion ou régression) et aussi de connaître les espèces favorisées ou défavorisées par une inondation annuelle forte ou faible.

¹ Grâce à sa capacité de percevoir l'alternance jour-nuit qui lui donne un top toutes les 24 heures.

² Grâce à sa capacité de mesurer les variations saisonnières de certains facteurs de l'environnement (appelés **synchroniseurs**) comme la durée des jours qui change en fonction des saisons.

³ Chez les mammifères elle est située dans les noyaux supra-chiasmatique du cerveau

⁴ Ces relations sont spécifiques car elles diffèrent d'une espèce à l'autre ; il existe cependant une variabilité individuelle indice de l'existence d'un polymorphisme dont la signification adaptative sera discutée.

⁵ Il s'agit là de reproductibilité inter-annuelle dont la précision dépend de l'importance du polymorphisme.

⁶ Les chronotypes de 24 populations ont été déterminés dans 11 types d'habitats soudano-sahéliens au Mali (en particulier dans le delta intérieur du Niger) et au Burkina Faso.

⁷ Nous distinguons alors les habitats humides-non-inondables, semi-arides et arides.

⁸ L'inondation est peut être chez certaines espèces un synchroniseur capable d'agir directement sur l'horloge.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX D'UNE MISE EN VALEUR DES ZONES INONDABLES PAR IRRIGATION : EXEMPLE DES PERIMETRES DE L'OFFICE DU NIGER, MALI

Serge MARLET¹, Mamadou Kabirou NDIAYE²

¹ : CIRAD, serge.marlet@cirad.fr

² : IER Niono, PSI

Les zones inondables sont un lieu privilégié d'intensification des systèmes de culture en relation avec un contrôle accru de la ressource en eau. Dans le delta intérieur du fleuve Niger, le potentiel hydro-agricole est considérable et représente une opportunité d'accroissement de la production agricole du Mali. Cependant, cette mutation s'accompagne aussi de nouveaux périls pour l'environnement. Ces différentes conséquences sont analysées à travers l'exemple des périmètres irrigués de l'Office du Niger. Les prélèvements d'eau atteignent $37.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ et l'efficacité hydraulique n'est que d'environ 25% en raison d'importantes pertes dans le système hydraulique. Si l'influence des périmètres reste marginale pendant la crue, le prélèvement atteint 30% du débit du fleuve Niger pendant l'étiage. Les eaux d'irrigation peuvent entraîner localement un processus peu réversible d'alcalinisation et sodisation des sols lorsqu'elles se concentrent sous l'influence de la nappe phréatique subaffleurante et d'une maîtrise insuffisante de l'irrigation et du drainage. Les points hauts, les secteurs mal drainés, les parcelles non-rizicoles ou encore les sols très sableux où la recharge de la nappe par les canaux est abondante sont confrontés à une dégradation de la fertilité des sols. Enfin, le développement de l'irrigation s'accompagne aussi d'une pression accrue sur les ressources forestières et pastorales, et de problèmes aggravés d'hygiène et de santé.

LA PLAINE DU YAERE DANS LE NORD-CAMEROUN : UNE EXPERIENCE DE RESTAURATION DES INONDATIONS

Daniel SIGHOMNOU¹, L. SIGHA NKAMDJOU¹, Gustave LIENOU¹

¹ : Centre de Recherches Hydrologiques BP 4110 Yaoundé (Cameroun)
Tél.: (237) 23 85 83, Fax : (237) 20 18 54, E-mail : sighomno@camnet.cm

Connue sous le nom local de *Yaéré*, la plaine d'inondation du Logone dans la Province de l'Extrême-Nord du Cameroun joue un rôle important dans le système écologique et l'économie de la sous région. La baisse généralisée de la pluviométrie enregistrée dans la région du Sahel au cours des deux dernières décennies a contribué à une diminution considérable des inondations annuelles, ce qui a profondément perturbé ses fonctions naturelles. Cette situation a conduit à la décroissance de sa productivité primaire, d'où un accroissement de la pression sur les ressources naturelles avec les conséquences qui en découlent.

Afin de réduire la dépendance de l'agriculture vis-à-vis des précipitations et des inondations, les autorités camerounaises ont, dans le cadre du projet rizicole dénommé *SEMR* mis sur pied en 1979, créé un barrage hydro-agricole au niveau de Maga. Cet aménagement a malheureusement contribué plutôt à aggraver la situation.

Depuis 1994, des investigations sont entreprises sur le terrain dans l'optique de comprendre et limiter les conséquences négatives de ce projet sur la diversité biologique du Yaéré. Elles ont pour principal objectif la restauration des inondations tout en maintenant les aménagements de la *SEMR*.

Dans cet article, outre la caractérisation des effets de la réinondation de la plaine, les premiers résultats de l'étude sont utilisés comme outils de diagnostic pour évaluer et discuter les enjeux et les risques d'une gestion peu rigoureuse des ressources en eau des zones inondables tropicales. Ces résultats montrent que les transformations enregistrées au plan de la diversité biologique, en l'absence des inondations, sont réversibles à très court terme en cas de reprise des submersions. Par ailleurs, ils mettent en évidence des insuffisances du projet hydro-agricole dont la prise en compte, dès le départ, auraient pu permettre d'éviter certaines conséquences négatives sur l'environnement.

SPATIALISATION DES DONNÉES METEOROLOGIQUES DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER

Fatogoma BAMBA¹, M.L. FOFANA², Gil MAHE³, Marcel KUPER⁴, Didier ORANGE⁴

¹ : ENI Bamako

² : DNM Bamako

³ : 01 BP 182 Ouagadougou, Burkina

⁴ : IRD Bamako, BP 84

Le Delta Intérieur du Niger, par sa situation géographique au milieu de la zone sahélienne du Mali revêt une grande particularité hydrologique. Aussi, l'étude de la variabilité tant spatiale que temporelle des paramètres climatiques (pluviométrie, évapotranspiration potentielle, température et nébulosité) est une nécessité pour une utilisation rationnelle de la ressource en eau. Le but de cet article a été non seulement de cartographier les variations de ces paramètres mais aussi de les quantifier. Pour cela, nous avons utilisé la chaîne de traitement de calcul des paramètres mise au point à l'IRD (Mahé et al., 1994).

Après avoir montré que les résultats des traitements de données ne changent pas significativement avec le choix du pas d'espace de la grille entre 0,5° et 1°, ceci nous a permis de nous limiter à la valeur 1° pour la suite des calculs. En effet, ceci constitue une plus petite matrice de données. Un pas de temps de 15 jours a été pris (de mai 1993 à avril 1996).

A partir des cartes des isohyètes construites par cette méthode, il apparaît que la pluie arrive dans le sud du Delta à partir de la première quinzaine de juin et progresse d'est en ouest et du sud au nord pour couvrir tout le Delta en juillet. Le maximum bihebdomadaire a lieu début août avec 180 mm au sud et 55 mm au nord. Fin octobre, alors que la pluviométrie prend fin au sud du Delta, elle continue encore dans la partie ouest correspondant à la zone de Macina.

L'analyse des cartes d'isovaleurs de l'évapotranspiration potentielle montre bien sûr une augmentation générale du sud au nord (de 6 mm/j à 9 mm/j en moyenne, respectivement) sans différence entre l'est et l'ouest, suivant l'évolution de la température de l'air. C'est en juin que le différentiel nord-sud est le plus fort avec 3 mm/j au sud et plus de 10 mm/j au nord, impliquant des vents thermiques violents à cette époque.

Enfin, la répartition de la nébulosité suit un axe SW-NE. Elle augmente vers le nord en début de saison sèche (de janvier à mars) pour s'inverser ensuite jusqu'à l'arrivée des pluies. A partir de juin, les fortes nébulosités restent au sud du Delta durant toute la saison des pluies, avec un léger gradient positif d'est en ouest.

ÉCOULEMENTS ET INONDATIONS DANS LE DELTA INTÉRIEUR DU NIGER AU MALI : LES OPPORTUNITÉS DE L'EXPLOITATION

Marcel KUPER¹, Bertrand MARIEU²

¹ : IRD Bamako, BP 84

² : IRD - 911 av. Agropolis - BP 5045 - 34 032 Montpellier cedex

Le delta intérieur du Niger au Mali est une vaste aire d'épandage de 35 000 km², s'étendant entre Ké-Macina et San au sud et Tombouctou au nord. L'hydrosystème du delta est composé d'un réseau d'affluents, de défluent, de lacs, et de plaines inondables. La (ré)génération annuelle des ressources naturelles du delta, exploitées par les agriculteurs, éleveurs et pêcheurs, dépend largement de la surface inondée et donc de la quantité et de la régularité en amont des apports du Niger Supérieur et du Bani, et de la géométrie de l'hydrosystème. Le delta intérieur du Niger est également reconnu comme un site exceptionnel du point de vue environnemental par la convention internationale RAMSAR, pour la biodiversité de sa flore et de sa faune adaptées aux aléas climatiques prononcés de cette zone inondable.

L'hydrosystème du delta est très varié dans l'espace et dans le temps et les exploitants des ressources naturelles (pêcheurs, agriculteurs, éleveurs, faune,...) se sont adaptés à cette variabilité. Pendant les hautes eaux, par exemple, les pêcheurs se disséminent dans les plaines d'inondation pour suivre le mouvement des poissons, pour se retrouver ensuite sur les chenaux et les rivières en période de décrue, quand l'eau et les poissons se retirent des plaines vers les cours d'eau pérennes. A cette saisonnalité dans la disponibilité en eau, s'ajoute la variabilité de l'ampleur de la crue d'une année à l'autre. En effet, le maximum de la crue à Mopti varie entre 1410 m³/s (1984) et 3810 m³/s (1954). Les exploitants réagissent en temps réel en se déplaçant vers les lieux propices à la culture, à la pêche et au pâturage pour l'année en cours. La plaine du Kotia avec ses zones basses, par exemple, était pendant la sécheresse un refuge où les paysans des terroirs voisins venaient cultiver le riz. Après les crues abondantes de 1994 et 1995, les paysans se sont repliés sur leurs anciennes zones de culture.

L'étude présentée ici a pour objet de déterminer les écoulements (cheminement, débits) à l'intérieur du delta afin de comprendre le processus de l'inondation en fonction de l'importance de la crue. Une vision globale de la disponibilité en eau du delta sera présentée afin de comprendre les opportunités d'exploitation.

Le delta à l'amont du système lacustre Débo-Walado est caractérisé par des immenses plaines d'inondation. Avec une superficie inondable qui dépasse les 10 000 km², mais qui peut varier du simple au triple d'une année à l'autre, ces plaines sont le lieu privilégié de la production de riz flottant, des frayères de poissons, et constituent de larges zones de pâturage accueillant jusqu'à 2 000 000 de bovins et autant de caprins et d'ovins pendant la saison sèche. L'inondation a été étudiée dans la plaine du Ranéo au nord du village de Batamani. Alimentée par les chenaux de Kobossi et de Ninga, la superficie inondée de cette plaine passe de 10 ha en juin à 700 ha en octobre pendant le maximum de la crue. La plaine de Batamani a fait l'objet d'une étude topographique détaillée, ainsi que d'un suivi hydrologique pour déterminer l'inondation en fonction de la hauteur d'eau à l'échelle de Mopti. Un bilan hydrologique a été déterminé pour les différentes phases hydrologiques (remplissage, inondation généralisée en crue, vidange, et assèchement par évaporation) pour comprendre le stockage et la vidange de l'eau dans cette partie du delta.

Les grandes plaines d'inondation dans le delta amont sont irriguées par une multitude de défluent du Niger et du Bani. L'ensemble de ces effluent a fait l'objet d'une étude hydrologique pour déterminer le cheminement et le partage des eaux avec des mesures de terrain en 1998 et 1999.

Le delta à l'aval des lacs Débo-Walado consiste en la cuvette nord dunaire avec trois axes drainant le lac Débo, et le système lacustre périphérique alimenté par des défluent en rive gauche et en rive droite. Les émissaires des bras principaux circulent autour des cordons dunaires dont l'orientation est perpendiculaire à l'axe principal d'écoulement (SO-NE). L'exploitation des ressources naturelles se fait dans le lit du fleuve, dans les mares et les lacs. L'alimentation des mares et des lacs est fonction de l'importance des écoulements du fleuve Niger et du Bani, et de la durée de la crue. Les seuils du remplissage des lacs ont été identifiés et leur remplissage déterminé en fonction de la hauteur d'eau aux échelles de Korientzé et de Diré. Les lacs de rive gauche ont pour la plupart été aménagés, surtout pour éviter une inondation précoce pendant la récolte des cultures de décrue en octobre-novembre, et leur fonctionnement hydrologique est assez différent des systèmes non-aménagés tel que le système Télé-Faguibine.

RELATIONS ENTRE LES SURFACES INONDEES ET LES HAUTEURS D'EAU EN AMONT DU DELTA INTERIEUR DU NIGER : PERSPECTIVES D'ETUDE AVEC LES IMAGES NOAA.

Gil MAHE¹, Adama MARIKO², Didier ORANGE³, Abou AMANI², A. ROYER⁴ et Eric SERVAT⁴.

¹ : 01 BP 182 - Ouagadougou

² : centre AGRHYMET - BP 11011 – Niamey

³ : IRD - BP 84 - Bamako

⁴ : IRD - 911 av. Agropolis - BP 5045 - 34 032 Montpellier cedex

Cette opération de recherche a pour principal objectif l'obtention d'une relation entre les hauteurs d'eau aux stations hydrométriques et la surface inondée dans le delta intérieur du Niger. L'utilisation de la télédétection par imagerie satellitaire de type NOAA est particulièrement bien adaptée au suivi du fonctionnement de cet écosystème dans sa globalité.

Les sous-objectifs à atteindre sont :

TELEDETECTION : évaluer les surfaces inondées et leur cartographie, pour un pas de temps au maximum décadaire, en année très humide et très sèche,

MODELISATION : réaliser une corrélation entre les hauteurs d'eau, observées aux échelles des différentes stations du bassin amont et du delta, et les surfaces inondées, ceci devant conduire à la définition de couples simples, sur le modèle du barème d'étalonnage : hauteur/surface inondée.

Compte tenu du ralentissement de la crue dans le delta, la connaissance de la relation hauteur en amont/surfaces inondées, et surtout celle de la dynamique spatio-temporelle de cette inondation, pourra être utilisée comme prédicteur des niveaux de crue dans la partie nord du delta, et pourra donc y avoir des répercussions sur le planning agricole.

Un sous objectif supplémentaire pourrait s'ajouter, en :

HYDROLOGIE : établir une relation pluie/débit pour le bassin amont du Niger, à la période de temps au moins décadaire. Dans ce cas on cherchera à « prévoir » les hauteurs d'eau en entrée du delta avec quelques jours (8-15) d'avance, à des fins d'organisation agricole pour la partie sud du delta.

L'imagerie NOAA et son utilisation

La collaboration est engagée avec Agrhymet pour le traitement et l'analyse des images. Agrhymet reçoit et traite des images NOAA14/15 AVHRR haute résolution (0,8 à 1 km au nadir). Les images journalières sont stockées sous format brut ou sous format de produit NDVI (numerical decadal vegetation index). Agrhymet dispose également de séries de quelques années d'images d'autres satellites pour le géoréférencement : LANDSAT, SPOT, SAR. Un nouveau logiciel de traitement des données brutes vient d'être installé à Niamey, qui améliore la qualité des images traitées (navigation, résolution). Ce traitement peut s'appliquer aux anciennes images stockées à Agrhymet depuis 1988.

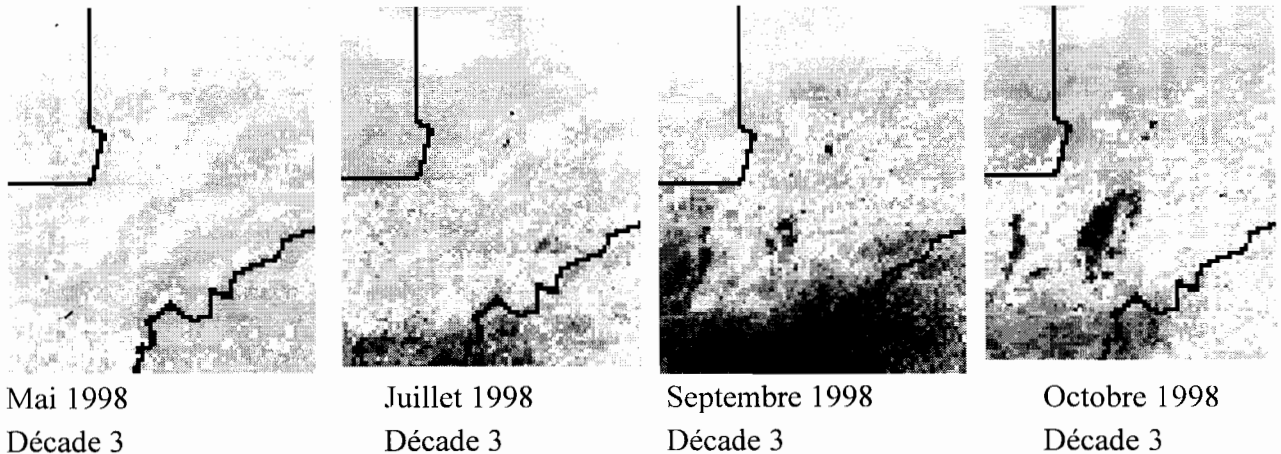
Les images LAC (local) sont les images brutes haute résolution. La bande de passage du satellite est d'environ 2 500 km, avec une forte déformation sur les marges, qu'il est impossible de corriger correctement. La bande utilisable est donc d'environ 1000 à 1500 km de large. La résolution au nadir et en bonnes conditions atmosphériques est de 800 mètres à 1 kilomètre. Elle diminue progressivement vers les marges. Le satellite effectue à peu près 4 passages par jour au-dessus du delta, deux de jour, et deux de nuit. A Agrhymet sont analysés seulement les deux passages de jour, mais il est possible de traiter également les images de nuit. La qualité des images analysées dépend : de la couverture nuageuse, de la position de la zone par rapport au nadir de l'image correspondante, de l'heure de la journée (brillance, réflectance).

La résolution d'un kilomètre permet de travailler sur un potentiel théorique de 50 000 pixels sur la zone du delta intérieur du Niger. Les objets contrastés de taille inférieure au kilomètre restent visibles par leur forte signature qui influence les pixels voisins. On peut ainsi raisonnablement penser que le suivi de nombreuses mares est réalisable simplement avec ces images. Mais une possibilité d'amélioration de l'analyse réside dans l'utilisation d'un autre produit satellitaire haute résolution (LANDSAT, SPOT) pour réaliser une cartographie géoréférencée à grande échelle des objets d'étude. Cette cartographie sera superposée aux images NOAA avec comme résultat une plus grande fidélité dans le suivi numérique des objets de taille inférieure ou égale à quatre pixels (cas de nombreuses mares, rives du fleuve).

L'analyse des images NDVI permet de localiser les pixels avec ou sans végétation (NDVI supérieur ou inférieur à 115). L'analyse des images brutes permet de combiner les canaux pour faire apparaître des objets de signature spectrale particulière : eau libre, sol nu, différents types de végétation, ces particularités étant par ailleurs décrites dans de nombreuses publications. Les images qui suivent sont des extraits d'images NDVI à la résolution de 5 km pour plusieurs périodes de l'année. On distingue bien au sud les grandes plaines inondées, mais au nord des lacs centraux, cette résolution est insuffisante pour faire apparaître les sillons et les petites plaines interdunaires inondées.

Conclusion : une stratégie de développement

Un cadre malien de la recherche suit une formation de thèse dans le cadre de cette étude, afin d'opérer le transfert et l'implantation de la chaîne de traitement opérationnelle à Bamako dans le cadre d'une cellule permanente de suivi et de « prévision » de l'inondation dans le delta. L'acquisition d'imagerie NOAA est actuellement réalisée en routine à la Direction Nationale de Météorologie de Bamako, dans le cadre des accords liant les pays du CILSS (dont le Mali fait partie) et Agrhymet.



NOAA AVHRR GAC images (pixel = 25 km²)

NASA NDVI Images

Prepared by : USGS

EROS Data Center

UTILISATION D'UN MODELE AGRO-ECOLOGIQUE POUR SUIVRE LA DYNAMIQUE INTERANNUELLE DE L'EXTENSION DE L'INONDATION DU DELTA INTERIEUR DU NIGER (MALI)

Lamine DEMBELE¹, Didier ORANGE¹, Gil MAHE², Marcel KUPER¹, Cheick Hamallah DIAKITE³

¹ : LECOM, IRD, BP 84, Bamako

² : IRD, BP 182 Ouagadougou/Burkina Faso

³ : SEP Sotuba / Bamako.

Dans le Delta Intérieur du Niger, les eaux du fleuve Niger s'étalent dans une large plaine d'inondation de 30.000 km² entre Ké-macina et Diré, formant une sorte de dédale entre mares, lacs, prairies et chenaux, définissant des unités agro-écologiques distinctes.

Cette zone écologique humide au centre du Sahel est d'un intérêt majeur tant pour l'économie du pays que pour la conservation de la biodiversité.

A partir du découpage agro-écologique du PIRT (Programme d'Inventaire des Ressources Terrestres du Mali), effectué en 1983, qui distingue six unités inondables caractéristiques, un modèle d'extension maximale annuelle d'inondation a été testé à partir de la connaissance des données hydrologiques récentes. La modélisation a été établie à partir d'une approche SIG sur Arcview (version 3.1).

L'utilisation du modèle agro-écologique indique que les surfaces inondées des zones agro-écologiques en année de crue basse (510 cm) seraient de 8.700 km² soit 53 % des unités inondables et en année de crue haute (731 cm), le delta intérieur du Niger serait submergé en raison de 31.700 km². Une année de crue normale (610 cm) correspond à une inondation de 18.700 km².

Nous avons constaté que le fonctionnement hydrologique du delta intérieur du Niger se fait par seuil. Pendant les années de crue basse, la crue inonde très peu et l'eau reste dans le lit mineur donc les lacs périphériques ne sont pas alimentés : on est en phase de seuil minimum (1981). Pour les années de crue moyenne (comme 1992), la crue contribue à l'inondation des plaines par phénomène successif de cascade après débordement du lit mineur. Avec la reprise de la pluviométrie et donc de l'augmentation de l'écoulement résultant (à partir de 1994), on a retrouvé une situation de seuil maximum où les lacs périphériques sont largement alimentés en eau par la crue et forment des zones évaporatoires du fait de leur grande étendue, leur déclivité étant extrêmement faible. On note alors que les pertes ne sont pas dues uniquement à l'évaporation mais une perte totale d'eau qui ne revient plus dans le delta.

DE L'IMPORTANCE DES LACS PERIPHERIQUES DANS LA REPARTITION DES FLUX DE MATIERES TRANSPORTES PAR LES EAUX DU NIGER DANS SON DELTA INTERIEUR.

Didier ORANGE¹, Cécile PICOUET², Gil MAHE², Jean-Claude OLIVRY³

¹ : IRD, BP 84, Bamako (Mali)

² : ex IRD, Bamako (Mali)

³ : IRD, Laboratoire d'Hydrologie, Montpellier (France)

De nombreux travaux ont montré que le delta intérieur du fleuve Niger est une grande machine évaporatoire ; les pertes en eaux, dues essentiellement à l'évaporation et l'évapotranspiration, sont estimées à 30-45 % selon l'hydraulicité de l'année. Bien sûr, plus la surface inondée est grande, plus la perte par évaporation est importante. Mais on met en évidence un effet de seuil lié au remplissage des lacs périphériques du delta aval, et notamment ceux de rive droite (les lacs Niangaye, Aougoundou, Do,...). Tout se passe comme si l'eau capturée par les lacs était définitivement perdue pour le système hydrologique majeur que constitue le bras principal du fleuve Niger.

Le bilan des flux de matières en suspension transportées par le fleuve entre les entrées et la sortie du delta montre que le delta intérieur du Niger retient entre 0,15 millions de tonnes de sédiments pour l'année observée à plus faible superficie d'inondation (lors du cycle hydrologique 1992/93) et 1,3 millions de tonnes lors du cycle à plus forte hydraulicité (en 1994/95). Cependant, dans le détail, il apparaît une différence de comportement entre la partie amont et la partie aval du delta, qui sont effectivement de géomorphologie complètement différente. Dans la partie amont, le delta est une immense plaine d'inondation classique où les nombreux méandres d'alimentation des innombrables mares et l'importante couverture végétale constituent des pièges à sédiments majeurs. Dans cette partie du delta, la quantité de matières déposées est une fonction directe de l'importance de l'hydraulicité de la crue et de sa compétence érosive sur les versants avant son arrivée dans le delta. Dans la partie aval du delta, le bilan entrées-sorties des flux de matières est relativement à l'équilibre et ne semble pas dépendre de l'hydraulicité de l'année. En fait, après le passage de la plaine amont et des lacs centraux, les eaux sont très peu chargées et les quantités de sédiments mises en jeu sont donc faibles. *In fine*, le bilan mensuel met en évidence de légers gains de matières, c'est à dire des reprises de sédiments par les eaux du fleuve, surtout en décembre-janvier, comme si la vidange des mares d'inondation vers le cours principal du fleuve apportait des sédiments avec une possibilité d'érosion des berges encore humides. Par ailleurs, du fait de la faible concentration des eaux en sédiments, les apports par les dépôts de poussières atmosphériques en janvier-février et juin-juillet et la remobilisation des sédiments de fond et l'érosion des berges par les vaguelettes liées au vent deviennent non négligeables.

Les lacs périphériques jouent donc un rôle majeur sur le bilan de l'eau mais pas sur le bilan de matières transportées par le fleuve Niger au travers du delta.

LA COMPREHENSION DE L'ORGANISATION TEMPORELLE DES RESSOURCES NATURELLES : REPARTITION, ABONDANCE, DISPONIBILITE DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER

Boubacar Séga DIALLO¹, Ousmane MAIGA²

¹ : ENSUP Bamako

² : ISFRA Bamako

Le Delta intérieur du Niger qui occupe l'ouest de la 5^{ème} Région du Mali (Mopti) est soumis à un régime d'inondation variable. La zone inondée peut en effet couvrir 10.000 km² ou 40.000 km² selon les années¹. Ce qui n'est pas sans conséquences sur la répartition dans le temps et dans l'espace des ressources naturelles (l'eau elle-même, les sols, les flores et les faunes)².

Leur abondance, leur disponibilité dépendent aussi des cycles d'inondation, basses eaux entre mars et juillet en gros, une période de hautes eaux en juillet-novembre et la décrue entre novembre et février.

Dans cette zone dont le rôle économique est primordial pour la 5^{ème} région et toute la république du Mali, la compréhension de l'organisation des ressources naturelles est primordiale. Le développement durable devant reposer là presque essentiellement sur l'exploitation rationnelle des ressources naturelles en principe renouvelables³.

Dans cette étude, trois grandes périodes retiendront notre attention :

- le temps de la « bonne pluviométrie⁴ » environ de 1920 à 1968,
- le temps des sécheresses récurrentes de 1968 à environ 1993,
- le temps actuel de 1993 à 1998.

Ces temps comme les uns le démontrent ne sont pas figés. Le temps de la bonne pluviométrie a connu des périodes de sécheresse et vice versa.

En fait rien n'est très durable dans le Delta intérieur du Niger, la compréhension des différents cycles doit permettre d'arriver à l'équilibre entre population et ressources naturelles aujourd'hui très menacées.

¹ Il y a 1000 ans, les superficies inondées étaient plus importantes in Pierre Rognon, l'évolution des vallées du Niger, catalogue des vallées du Niger. Catalogue des Vallées du Niger. RHM 1993.

² Il s'agit des flores et des faunes terrestres et aquatiques.

³ J. Gallais notait en effet que le Delta intérieur par ses ressources, par ses possibilités variées, par la nature de ses peuples peut être une région d'équilibre. in j. Gallais, le Delta intérieur du Niger. Mémoires de l'IFAN, n° 79, tome II, IFAN, Dakar, 1967, p 612.

⁴ Nous avons choisi la pluviométrie comme élément principal, car c'est elle qui détermine le niveau de l'inondation dans le Delta intérieur du Niger. Le Delta intérieur est tributaire du Niger et du Bani. Ces régimes dépendent respectivement des pluies tombées au Fouta Djallon, en Guinée et à la frontière ivoiro-malienne.

Thème 2b

Stratégies d'exploitation en Zones Inondables Tropicales

coordinateur : Marcel Kuper (GIHREX, IRD, Bamako)

médiateur : Ibrahim Thiaw (UICN)

TEXTE DE CADRAGE DU THEME 2B : STRATEGIES D'EXPLOITATION EN ZONE INONDABLE TROPICALE

Marcel KUPER¹

¹ : Agro-hydraulicien projet GIHREX, IRD et coordinateur du thème 2b.

Introduction

Les zones inondables tropicales sont des systèmes naturels saisonniers et contrastés, dont les ressources naturelles renouvelables sont exploitées par des systèmes sociaux fortement structurés. Les stratégies d'exploitation traditionnelles, qui misent sur la mobilité dans l'espace, la diversité des activités et un investissement réduit (par exemple, la quasi-absence d'aménagements), ont permis aux habitants, par leur flexibilité, de tirer profit de la variabilité saisonnière dans la disponibilité des ressources naturelles et la diversité du milieu. Un enjeu majeur du développement est de passer de l'exploitation traditionnelle à la gestion des ressources naturelles en tenant compte des besoins et des usages des populations et de la dynamique à long terme de l'environnement (bio-diversité, productivité du milieu). Une compréhension de la dynamique des stratégies d'exploitation nous permet de mieux saisir la problématique du développement : 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, ... ?

Le milieu

Les zones inondables tropicales subissent par définition une forte variabilité saisonnière et inter-annuelle dans la disponibilité en eau (pluies, crues), ayant un impact direct sur la régénération des ressources naturelles. On se souvient des sécheresses dans les années 1970 et 1980 en Afrique sub-saharienne, mais on peut citer également la reprise de la crue du fleuve Niger depuis 1994. La notion d'irréversibilité de la dégradation du milieu (souvent invoqué dans des discussions sur la « désertification ») n'est donc pas très pertinent dans ces zones. Il s'agit plutôt de saisir la dynamique de changement dans la disponibilité en eau avec ses conséquences importantes sur les ressources naturelles et les systèmes de production.

Les aménagements

Le bassin du fleuve Niger est un hydrosystème particulier, se trouvant en position intermédiaire entre des systèmes quasi-naturels (tel que le bassin de l'Amazonie) et des systèmes fluviaux fortement modifiés par l'homme (par exemple, les aménagements sur la basse vallée du Sénégal). Les aménagements hydrauliques et agricoles ont en général pour but de réduire la dépendance de l'homme vis-à-vis des aléas climatiques, mais créent une dépendance de l'ouvrage et plus particulièrement de la planification et de la gestion de l'ouvrage. Il existe donc une nécessité de gestion intégrée d'une zone inondable et de ses aménagements pour minimiser les problèmes d'exploitation. Par ailleurs, l'implantation d'un aménagement demande en général une présence des exploitants plus importante sur une durée plus longue, ayant des répercussions sur d'autres activités.

Stratégies d'exploitation ou de production ?

La diversité des exploitants d'une zone inondable et de leurs stratégies d'exploitation est soulignée par Lavigne Delville¹ :

« Les développeurs ont tendance à considérer le groupement, le fait de se mettre à plusieurs pour un but commun, comme quelque chose de naturel, d'évident. Il n'en est rien. ... Ce sont d'abord des personnes, engagées dans de multiples rôles, insérées dans de multiples liens sociaux, dans des solidarités et rivalités, des convergences et des divergences d'intérêt, et qui ont malgré tout à faire des choses ensemble. »

¹ : Lavigne Delville P. 1991. La rizière et la valise. GRET/FPH. Paris. France.

L'hétérogénéité des stratégies d'exploitation n'est pas forcément un désavantage ou une contrainte, mais il est important d'en tenir compte dans des interventions de développement. Un deuxième point à prendre en compte est l'adaptation continue des exploitants aux conditions du milieu et de l'extérieur. La compréhension de la dynamique des stratégies d'exploitation passe par une connaissance du système dans son ensemble (édification des ressources, évolution technique, relations commerciales, ...). La recherche peut enrichir les débats de développement par sa connaissance des processus physiques et décisionnels, le développement des outils (voir thème 3) et par la circulation de l'information, en s'attaquant aux paradigmes.

En conclusion, on peut donc se poser les questions suivantes :

- Comment suivre et décrire la dynamique des systèmes d'exploitation dans le temps et éviter des clichés figés (par exemple, les sécheresses) ?
- Comment intégrer nos connaissances des hommes et du milieu pour pouvoir donner des réponses pour l'ensemble d'une zone inondable tropicale ?
- Comment stimuler la concertation et la circulation de l'information sur ces systèmes d'exploitation et valoriser ces informations pour orienter les politiques et les projets de développement ?
-

FLUCTUATIONS ENVIRONNEMENTALES, PRESSION DE PECHE, DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE POISSON ET QUANTITES COMMERCIALISEES DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER

Amaga KODIO¹, Pierre MORAND², Kaïmama DJENEPO¹, Raymond LAË³

¹ : Programme Ressources Halieutiques, CRRA de l'IER, B.P.205 Mopti

² : Programme GIHREX, Centre IRD, BP 84 Bamako

³ : Centre IRD, Brest

Sur les douze dernières années, l'effort d'échantillonnage scientifique sur les pêcheries du delta intérieur du Niger a atteint un niveau sans précédent, et ce notamment grâce au projet "GP DCN" (1987-93) puis au projet "Observatoire de la Pêche" (1994-2000). Ajoutées aux statistiques plus classiques du Port de Mopti (rapports annuels de l'OPM) et de la Direction Régionale de l'Hydraulique, les données disponibles apparaissent aujourd'hui suffisamment nombreuses et variées pour étayer un schéma du fonctionnement bio-halieutique de cette région, schéma que nous décrivons et illustrerons ici, en montrant *in fine* comment il peut contribuer à l'élaboration d'outils de gestion.

Dans un premier temps, nous décrivons la dynamique de l'environnement, de la ressource et de son exploitation au rythme des saisons. Nous rappelons tout d'abord quelle est l'allure du cycle environnemental annuel et quelle est la dynamique de reproduction des populations de poisson. Nous montrons ensuite comment les pêcheurs, à la recherche d'une efficacité maximum, exploitent ces deux phénomènes et en viennent à organiser leur propre activité selon un rythme saisonnier marqué, résumable sous la notion de "campagne annuelle de pêche". Nous listons et discutons les nombreux arguments statistiques qui permettent d'assimiler cette campagne à une véritable "récolte", massive sinon totale, de la biomasse de poissons générée par la dernière crue.

La connaissance de ces processus annuels nous sert ensuite de point d'appui pour appréhender les phénomènes inter et pluriannuels, et notamment la relation de dépendance qui lie les captures et les flux commercialisés aux conditions hydroclimatiques. C'est ainsi que nous expliquons la quasi-absence de temps de réponse de la ressource aux "chocs" hydroclimatiques, phénomène remarquable qui a été mis en évidence par l'analyse statistique des séries anciennes et qui a été confirmé plus récemment par l'observation directe des campagnes qui ont succédé aux retours de bonne crue (1994 puis 1998). Nous terminons en mesurant finement, sur le plan quantitatif et qualitatif, l'impact des différentes classes de crues, mauvaises (1989, 1990), moyennes (96, 97) ou bonnes (94, 95, 98, 99), et ce tant sur les captures par effort que sur la structure des captures et sur les quantités commercialisées. Nous montrons notamment que la "pente" des réponses est plus forte pour les débuts de campagne que pour les fins de campagne.

Nous discutons de l'intérêt de ces différents résultats en tant que bases scientifiques pour élaborer des outils de gestion de cette pêcherie, et ce à deux niveaux : lorsqu'il s'agit de mettre en place les conditions institutionnelles et réglementaires d'un "partage" pacifique et rentable de la récolte annuelle, puis lorsqu'il s'agit de concevoir un système de prévision suffisamment performant pour permettre aux acteurs d'anticiper de plusieurs mois leurs choix de stratégie d'activité ou d'investissement.

EXPLOITATION DES OISEAUX D'EAU DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER**Bakary KONE¹, Mori DIALLO¹, Almoustapha M. MAIGA¹**¹ : Wetlands International / Sévaré

Le Delta Intérieur du Niger, vaste plaine d'inondation reçoit chaque année un nombre impressionnant d'oiseaux d'eau, environ 350 espèces dont 108 migratrices du Paléarctique.

C'est à l'intérieur du DIN que le Mali a inscrit trois sites sur la liste de la Convention de Ramsar (convention sur les zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitat des Oiseaux d'eau, instrument juridique international qui engage tous les pays signataires dans la protection des Oiseaux d'eau).

Aussi en 1999 le Mali a signé et ratifié l'Accord sur les Oiseaux Migrateurs Europe – Afrique – Moyen-Orient pour la protection de ces oiseaux.

Ce Delta est le site d'exécution d'un projet « Contribution à la Gestion des Zones Humides et des Oiseaux d'eau dans le Delta Intérieur du Niger » exécuté par Wetlands International ».

En vue de savoir dans quelles limites les oiseaux d'eau sont prélevés, Wetlands International a entrepris une étude sur leur exploitation (consommation et commercialisation). Il s'agissait au cours de cette étude de quantifier les prélèvements par espèce ou groupement d'espèces (oiseaux consommés ou vendus), estimer les revenus monétaires obtenus dans la filière et enfin prévoir la mise en œuvre d'un plan d'action pour un prélèvement acceptable.

L'étude a couvert les quatre cercles inondés de la région de Mopti (Mopti, Djenné, Youwarou et Tenenkou). Environ 380 personnes impliquées dans la filière d'exploitation ont été interviewées (pêcheurs d'oiseaux, vendeurs, vendeuses et associations de femmes impliquées dans l'achat de matériels de capture).

Dans la région de Mopti, une cinquantaine d'espèces d'oiseaux d'eau font l'objet d'exploitation dont les plus exploitées sont la sarcelle d'été « dougou-dougou », le chevalier combattant et la grue couronnée.

Toutes les ethnies qui habitent la région s'adonnent à cette activité, cependant les bozos sont les plus impliqués dans les cercles de Youwarou et Tenenkou tandis que ce sont les bambaras qui dominant à Djenné. Le filet est la méthode la plus utilisée. Pour un effectif enregistré de 62.605 oiseaux capturés en 1999, 90% ont été vendus pour une valeur monétaire de 17.489.775 CFA ; le reste a été consommé.

Ces chiffres bien qu'inférieurs à ceux obtenus par d'autres auteurs sont inquiétants ou même alarmants surtout comparés aux chiffres de recensements de la même année.

Ainsi toute action de protection de l'avifaune du DIN doit s'effectuer dans une approche intégrée de gestion rationnelle des ressources naturelles au risque de voir cet environnement se dégrader sous le poids de la maximisation des revenus et de la minimisation des ressources naturelles.

DYNAMIQUE DE L'UTILISATION DES TERRES ET SES ENJEUX FONCIERS DANS LA VALLEE DU FLEUVE NIGER A GOURMA-RHAROUS

Issa BAKAYOKO¹

¹ : GREDEF s/c B. KASSIBO - IRD BP : E 84 Bamako

La présente étude a été menée dans la vallée du fleuve Niger à Gourma-Rharous, dans la région administrative de Tombouctou au nord du Mali. Dans cette zone, du fait de la pression démographique, des sécheresses récurrentes et des pratiques culturales moins soucieuses de l'environnement, on observe la dégradation des ressources en eau et en terres, les migrations et le développement des tensions entre les utilisateurs pour le contrôle des ressources.

En effet, l'acuité des aléas climatiques a abouti à une forte concentration humaine et animale dans la vallée du fleuve Niger entraînant une forte compétition autour des terres de la vallée entre les sédentaires agriculteurs, pêcheurs et les nomades fuyant les zones arides. La zone d'inondation de la vallée, où toutes les ethnies trouvaient de quoi produire, se rétrécit aujourd'hui sous l'effet de la sécheresse (baisse hydrologique et pluviométrique) créant ainsi une forte pression sur les terres de culture et de pâturage.

C'est dans ce contexte que la présente étude, sur la base des photo-aériennes, a cherché à mieux cerner la dynamique et les enjeux de l'utilisation des terres de la vallée dans un souci de trouver des moyens de restaurer la productivité de ces terres et proposer un plan d'utilisation rationnelle.

Du point de vue méthodologique, deux aspects ont été retenus à savoir l'aspect géographique et l'aspect socio-économique. Le premier a porté sur une étude rétrospective de variations de la superficie des terres inondables à partir d'une comparaison des photo-aériennes prises dans la zone à la même échelle mais à des périodes différentes. Le second a procédé par des entretiens semi-directs couplés aux enquêtes individuelles sur un échantillonnage raisonné de ménages et de trois sites.

Les quelques résultats obtenus sont les suivants :

D'abord sur le plan géographique, les différentes unités déterminées ont évolué de façon à induire la productivité des systèmes de production. Par conséquent, la superficie des terres d'inondation a fortement baissé de façon que les sédentaires cultivateurs grignotent d'une année à l'autre sur les bas-fonds qui étaient réservés aux bourgoutières. (Pâturages aquatiques très prisés par les animaux : *Echinochloa stagnina*). C'est un fourrage aquatique très nutritif qui n'est accessible que pendant la saison sèche. Par ailleurs, les terres rizicoles (hautes terres) qui les entouraient sont devenues aujourd'hui des terres exondées. Sous l'effet des intempéries, ces terres exondées sont menacées par l'ensablement à cause de la dégradation du couvert végétal. De façon générale, il a été constaté l'avancée des terres exondées mais celle-ci peuvent être récupérées si l'on parvient à maîtriser l'eau à des fins agricoles.

Sur le plan socio-économique, cette étude a permis de constater que les sédentaires cultivateurs et les nomades éleveurs vivaient dans la vallée de façon complémentaire pendant les périodes humides. En ces périodes, les nomades ne venaient dans la vallée, regorgeant de bourgou, qu'après les récoltes correspondant à la pénurie de pâturage et de l'eau à l'intérieur du Gourma. En plus, les différentes ethnies échangeaient leurs produits agricoles et animaux. Ce climat social a été fortement ébranlé par les deux sécheresses et les confrontations meurtrières qui s'en suivent. Aujourd'hui les populations vivent dans la méfiance et dans une grande pauvreté. La pression sur les terres fertiles reste toujours forte et les rend moins productives.

A l'heure actuelle, la décentralisation pourra garantir un développement rural en posant des actes d'une nouvelle politique locale de développement et d'une bonne gestion durable des ressources naturelles. Elle permettra aux partenaires de développement de prendre contact directement avec les populations résidentes connaissant mieux les problèmes de la localité.

SYSTEMES D'UTILISATION DES RESSOURCES NATURELLES DANS LA VALLEE DU SOUROU EN 5^{IEME} REGION DU MALI

Odiaba SAMAKE¹, Amadou KODIO¹

¹ : IER - équipe SPGRN – BP 205 Mopti

La vallée du Sourou est située dans la zone agro-écologique du Samori dans la région de Mopti. C'est une zone relativement plate à basse altitude (200-300m) avec un sol de type argilo-sablonneux. Cette plaine alluviale est traversée par le fleuve Sourou qui constitue le principal cours d'eau de la zone avec ses bras qui l'alimentent en saison pluvieuse. La végétation est la savane arborée et la forêt du Samori avec des petites zones éparpillées de forêt galerie. Le climat est soudano-sahélien avec un niveau de précipitation annuel de 500 à 600 mm. Les populations rurales de cette zone vivent essentiellement des ressources naturelles (sol, végétation, eau, faune) pour la satisfaction de leurs besoins. Par suite de la pression démographique sur ces ressources et des facteurs climatiques, ce patrimoine ne cesse de se dégrader. Cette dégradation se traduit par l'appauvrissement croissant du capital terre, la diminution des jachères, la surexploitation des ressources végétales et l'intensification du processus de désertification. Malgré les efforts des organisations gouvernementales et non gouvernementales pour développer des technologies de gestion durable des ressources, on assiste à une menace de l'équilibre écologique. La présente communication fait l'état des lieux des ressources naturelles et décrit les différents systèmes de production et les stratégies pour faire face aux principaux facteurs limitants la production.

REGULATION, UTILISATION ET PARTAGE DES EAUX DU FLEUVE NIGER : L'IMPACT DE LA GESTION DES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES SUR L'OFFICE DU NIGER ET LE DELTA INTERIEUR DU NIGER AU MALI

Marcel KUPER¹, Adamou HASSANE¹, Didier ORANGE¹, Anne CHOCHIN-KUPER², M. SOW²

¹ : Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Bamako

² : Institut du Sahel, CILLS, Bamako

Le fleuve Niger à Koulikoro apporte chaque année un important volume d'eau : 28,6 milliards de m³. Ce volume est très mal réparti dans l'année : avant 1980, les débits de crue d'août à octobre atteignaient 5 000 m³/s pour tomber en dessous de 40 m³/s en étiage (de mars à mai). Le barrage de Sélingué au Mali est actuellement le seul ouvrage capable de participer à la régulation des eaux. Avec une capacité de stockage de 2,17 milliards de m³, il soutient les étiages au-dessus de 100 m³/s à Koulikoro. La période d'étiage coïncidant avec les fortes chaleurs et le démarrage de la campagne agricole à l'Office du Niger, les débits turbinés permettent à la fois la production d'énergie, l'agriculture, l'alimentation en eau des populations et la navigation.

La mise en service du barrage de Sélingué sur le Sankarani en 1982, coïncidant avec les sécheresses sahéliennes des années 1980, a entraîné une certaine confusion dans l'esprit des utilisateurs entre l'influence climatique et l'influence des aménagements sur l'apport en eau du fleuve Niger à l'entrée du delta intérieur. Les principales réclamations des exploitants du delta concernent : (1) la diminution de la disponibilité en eau pendant la crue, entraînant une baisse de la production de poissons, de pâturages et de la surface cultivable, et (2) des fluctuations intempestives du fleuve en étiage entraînant des perturbations de captures de pêche.

Le but de cet article est d'analyser l'influence des aménagements sur l'approvisionnement en eau à l'entrée du delta, en distinguant les effets naturels des interventions humaines. L'analyse quantifie d'abord l'impact réel des aménagements hydrauliques sur les écoulements et les inondations dans le delta, et ensuite l'impact probable sur les systèmes de production (pêche, agriculture, élevage).

Le plus grand consommateur de l'eau turbinée à Sélingué est l'Office du Niger. Sa dépendance de l'eau de Sélingué s'est avérée en 1999. Au cours de l'étiage 1999, l'exploitant du barrage de Sélingué a turbiné plus fort que d'habitude avec des débits au-dessus de 200 m³/s pour couvrir les besoins énergétiques, engendrant un épuisement prématuré du réservoir fin mai. Cela a entraîné un arrêt brutal des écoulements du fleuve Niger à Koulikoro et la fermeture, le 30 mai, du barrage de Markala, qui alimente l'Office du Niger, au détriment de la partie en aval. Cette situation a duré tout le mois de juin au moment du démarrage de la principale saison de culture avant les premières pluies. La gestion de la crise par l'Office du Niger et l'impact de cette pénurie d'eau sur la production agricole sont analysés. Cette situation a sensibilisé les différents acteurs quant à l'intérêt d'une gestion concertée des eaux de Sélingué pour obtenir les effets bénéfiques de la régulation du barrage.

LE BARRAGE DE LAGDO (NORD CAMEROUN) : IMPACT SUR LES PLAINES D'INONDATION DE LA BENOUE

Benjamin NGOUNOU NGATCHA¹, Roger NJITCHOUA², Emmanuel NAAH³

¹ : Université de Ngaoundéré, BP. 454 Ngaoundéré. Cameroun

² : Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique. F-91405, Orsay, France.

³ : UNESCO, BP. 30592 Nairobi, Kenya.

La construction du barrage de Lagdo sur la rivière Bénoué dans la partie septentrionale du Cameroun a activement perturbé le régime hydrologique des plaines inondables situées en aval du barrage.

Les études effectuées démontrent qu'une série de problèmes ayant un très fâcheux impact sur le milieu naturel est apparue. Il s'agit notamment des problèmes relatifs à l'irrégularité du débit du fleuve, à l'étendue et à la durée des inondations, à l'érosion des rives du fleuve, à la baisse du niveau des nappes superficielles, à la précarité de la pêche, à la réduction de l'aire de pâturage, à la perte de la fertilité des sols par suite de la réduction du volume des inondations.

Ce travail a permis de réexaminer les règles d'exploitation du barrage de Lagdo de manière à assurer une gestion globale de l'eau et des terres.

LE POISSON, UNE RESSOURCE EN DEVELOPPEMENT AU BARRAGE DE MANANTALI**Soumana ALHOUSSEINI¹**¹ : Enseignant-Chercheur, ISFRA BP. E 475, Tél., fax : 21 04 66

La retenue d'eau de Manantali, outre ses objectifs fondamentaux (régulation des débits, production d'énergie, irrigation et navigation) offre d'énormes potentialités en matière de pêche artisanale, activité nouvelle complètement ignorée des populations locales. L'avènement de la pêche est lié à la création de la retenue d'eau qui a entraîné le développement des ressources piscicoles et à l'immigration des pêcheurs professionnels (Bozo, Somono), originaires du Delta Central du Niger qui ont colonisé les bords de la retenue dès la mise en eau.

Le bouleversement du milieu aquatique (transformation d'un milieu fluvial en un milieu lacustre) a entraîné de profonds changements dans la composition du peuplement ichthyologique. Les espèces peu adaptées aux conditions lacustres ont disparu ou régressé au niveau de la retenue tandis que d'autres connaissent un essor spectaculaire. Les caractéristiques du milieu (température, oxygène, profondeur...) différentes de l'amont vers l'aire du barrage et leurs variations liées à la gestion hydraulique entraînent une modification du peuplement entre la zone amont aux caractéristiques proches du fleuve et l'aire du barrage plutôt lacustre.

L'exploitation par la pêche artisanale n'affecte qu'une partie du peuplement. Trois espèces, *Sarotherodon galilaeus*, *Hydrocynus forskalii*, *Lates niloticus* et le groupe de *Synodontis spp.*, sur les 33 inventoriées, sont celles dont les pêcheurs tirent l'essentiel de leur revenu.

Quelques contraintes majeures (difficulté d'approvisionnement en matériels de pêche, difficulté d'écoulement de la production de pêche) liées essentiellement à l'enclavement du site, freinent considérablement l'épanouissement de l'activité de pêche.

LE DEVELOPPEMENT DE LA PETITE IRRIGATION DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER AU MALI : DYNAMISMES ET CONTRAINTES.

Raphaële DUCROT¹, J. ZASLAVSKY¹

¹ : CIRAD-TERA/SSI. TA 60/15, avenue agropolis, 34 398 Montpellier cedex 5

mail : raphaelle.ducrot@cirad.fr

Depuis une dizaine d'années, près de 1400 ha de petits périmètres irrigués ont été aménagés dans le Delta Intérieur du Niger. Ces aménagements ont permis le développement d'une riziculture irriguée intensive, de spéculations maraîchères et de boisements d'eucalyptus. Ces productions sécurisées par une maîtrise totale de l'eau s'insèrent dans des systèmes de production traditionnellement soumis à de nombreux aléas.

Le développement de ces périmètres a été impulsé de l'extérieur afin de favoriser la sécurité vivrière des populations confrontées aux effets de la sécheresse récurrente de ces 20 dernières années. Il s'est appuyé sur la diffusion d'un modèle technique et organisationnel et d'un dispositif opérationnel favorisant l'appropriation de ces systèmes irrigués par les communautés. De fait, le développement de l'irrigation est à l'origine d'une forte dynamique foncière, économique et politique dans les villages. Sur certains bras du fleuve, ces aménagements marquent déjà fortement le paysage. Mais, si les paysans ont su maîtriser la gestion technique de l'aménagement et l'approvisionnement en intrants, des incertitudes demeurent sur l'entretien et le renouvellement des équipements.

L'analyse des stratégies des producteurs, de leur organisation et des structures d'encadrement montrent que la logique sociale initiale laisse désormais la place à des logiques économiques d'aménagement, qui favorise le développement de périmètres privés et de nouveaux modèles techniques d'irrigation. Ce foisonnement d'initiative amorce une évolution des relations entre agriculture et élevage dans les villages concernés et pose la question de l'aménagement de ces espaces où différentes communautés se partagent l'exploitation des terres et des eaux.

CRUES ARTIFICIELLES ET COGESTION : LA REHABILITATION DES PLAINES INONDABLES AU SAHEL. LE WAZA LOGONE (CAMEROUN) ET LE BAS-DELTA DU FLEUVE SENEGAL (MAURITANIE).

**Olivier HAMERLYNCK¹, Cheikh Hamallah DIAGANA¹, Brahim OULD MESSAOUD²,
Yelli DIAWARA², Daniel NGANTOU³, Richard BRAUND³**

¹ : UICN Programme Zones Humides c/o UICN Mali, BP 1567, Bamako, Mali

² : Groupe de Recherche sur les Zones Humides - Parc National du Diawling, c/o Faculté des Sciences et Techniques, Université de Nouakchott, Mauritanie

³ : Projet UICN Waza-Logone BP 284 Maroua, Cameroun.

Deux zones d'une richesse écologique particulière, les plaines inondables du Waza Logone dans le nord du Cameroun (800 000 ha) et celles du bas-delta du fleuve Sénégal sur la rive mauritanienne (100 000 ha) avaient été, dans les années '80, coupées de leur alimentation en eau douce par des infrastructures hydrauliques mises en place pour le développement de l'agriculture irriguée.

Les effets sur la biodiversité et la productivité ont été dévastateurs, mettant en péril l'économie locale basée essentiellement sur l'exploitation des ressources naturelles (pêche, élevage et cueillette).

Au début des années '90, par un processus participatif réunissant l'ensemble des acteurs sédentaires et transhumants, des propositions pour la réhabilitation de ces plaines inondables par des lâchés permettant de simuler la crue naturelle ont été formulées et des aménagements hydrauliques ont été mis en place.

Ces inondations artificielles, pratiquées avec des débits relativement restreints (moins de 50 m³s⁻¹). ont eu des résultats très probants, tant au niveau de la biodiversité (végétation, oiseaux d'eau, mammifères) que pour la revitalisation de l'économie locale (maraîchage, pêche, élevage, artisanat, tourisme). Sur la base de ces résultats, des propositions pour des inondations à plus vaste échelle ont été formulées et pourront être mises un œuvre dans les 5 ans à venir.

Le processus participatif a conduit à l'élaboration de plans de gestion des Parcs Nationaux qui existent dans ces zones et a permis une prise de conscience des collectivités locales du caractère indissociable de la conservation et le développement. Ce processus et le capital social qui en résulte (organisation des collectivités en comités de gestion, ouverture de canaux de communication entre acteurs) pourront, lors de la prochaine phase, être étendus à l'ensemble des plaines inondables hors aires protégées pour arriver à une gestion intégrée et durable des ressources naturelles.

Les études hydrologiques, écologiques et socio-économiques nécessaires à la valorisation des connaissances traditionnelles et à la validation des propositions de gestion ont permis un renforcement des capacités des chercheurs nationaux.

Ces expériences en dépit de leur succès relatif (par rapport aux autres projets de développement dans des zones similaires), présentent quelques aspects demandant encore des réflexions.

- les dynamiques de la régénération écologique et l'adaptation des stratégies d'exploitation par les collectivités n'ont pas le même pas de temps et les activités d'éco-développement (impliquant parfois d'autres bailleurs de fonds) prennent souvent du retard par rapport aux attentes ;
- les ressources nouvellement disponibles et la dégradation environnementale des régions non touchées par l'intervention des projets attirent des acteurs externes dont la maîtrise à moyen et long terme n'est pas évidente ;

- le caractère relativement avant-gardiste des interventions fait que, à plusieurs niveaux décisionnels le processus est mal compris. Son acceptation générale demande des efforts importants et soutenus en sensibilisation et communication
- le faible niveau de développement en général. Le cloisonnement social entre différents groupes d'acteurs et le manque de tradition en organisation collective et en résolution des conflits restent des préoccupations pour les gestionnaires.

ADEQUATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE EN EAU ET DYNAMIQUE DE L'ANAMBE**Honoré DACOSTA¹, A. COLY², O. SOUMARE³**¹ : Hydrologue, université Ckeikh Anta Diop de Dakar² : Hydrologue, GIRH, Cabinet d'études Tropis-environnement, Université Gaston Berger de Saint-Louis³ : Géographe, Université Gaston Berger de Saint-Louis

La recherche de la sécurité alimentaire par les pays soudano-sahéliens, durement frappés par les déficits pluviométriques observés depuis 1970, a conduit certains pays, dont le Sénégal, à initier, collectivement ou seul, des politiques d'aménagement et de gestion des ressources en eau à l'échelle des bassins versants. Outre les aménagements sur le fleuve Sénégal, l'Etat sénégalais a créé, entre autres, la Société de Développement Agricole et Industriel (SODAGRI) du bassin de l'Anambé (12°30 et 13°10 nord ; 14°08 et 14°20 ouest), affluent de la Kayanga, dont la partie centrale est une vaste cuvette inondable de près de 16 000 ha. Les objectifs initiaux étaient la gestion intégrée des ressources naturelles avec une intégration agriculture-élevage-pêche continentale.

Après deux décennies d'intenses aménagements, avec l'édification d'importants ouvrages hydrauliques (barrages de Niandouba et Confluent) et hydro-agricoles, les objectifs d'une double culture de riz sur les 16 000 ha assignés à la SODAGRI ne sont toujours pas atteints et sont mêmes revus à la baisse. Il apparaît que l'adéquation de l'offre et de la demande désigne la disponibilité de l'eau comme cause principale de cette situation, contrairement au bassin du fleuve Sénégal où elle n'est plus une contrainte au développement des systèmes irrigués.

Une analyse fine de la gestion de la cuvette montre, d'une part, que le système de l'Anambé fonctionne dans un contexte de déficit hydrique évalué pour la dernière décennie à près de 60% et ce malgré la reprise de la pluviométrie observée depuis 1992. Les effets cumulés de la sécheresse récente se font toujours sentir sur la disponibilité des réserves d'eau des différents barrages qui n'arrivent pas à se remplir. D'autre part, l'examen du système utilisateur permet d'observer de nombreuses défaillances dans les formes d'usage de la ressource en eau notamment pour l'agriculture, principale consommatrice d'eau. En effet, le bilan de l'eau présente une efficacité à l'irrigation de près de 65% qui, à elle seule, met en cause la qualité des aménagements et les pratiques en matière d'irrigation (arrosage, entretien des canaux,...)

La présente communication analyse les résultats des simulations portant sur la relation offre/demande en eau et montre que les déficits constatés sont imputables au système utilisateurs de la ressource en eau de l'Anambé et présente toutes les carences liées à l'inexistence d'indicateurs fiables et d'une organisation de l'utilisation des eaux pour une gestion opérationnelle.

GESTION DES PATURAGES ET DES CONFLITS LIES A L'UTILISATION DES RESSOURCES NATURELLES DANS LE DJENNERI : CAS DE LA COMMUNE DE MADIAMA

Amadou KODIO¹

¹ : IER. CRRA. MOPTI

La commune de Madiama appartient à l'immense plaine alluviale appelée Delta Intérieur du fleuve Niger où "règnent de l'eau et de l'herbe" (J. Jallin, 1968) mais aussi des ressources halieutiques. Malheureusement, le Delta n'échappe pas aux doubles pressions climatiques et démographiques depuis surtout ces 25 dernières années de sécheresse. Les systèmes de production à dominance agricole, pastorale et/ou de pêche connaissent de plus en plus de difficultés à cohabiter harmonieusement et exploiter de façon durable et au bénéfice de tous les ressources naturelles. Les dégradations continues de l'environnement entraînent une diminution drastique des ressources. Cette situation pose aujourd'hui la question de survie des différents systèmes dont leur intensive concurrence dans l'utilisation des ressources naturelles fait éclater des conflits fonciers de toutes natures entre les acteurs face à la gestion des ressources naturelles.

Cette étude est une contribution aux nombreuses littératures existant sur les conflits. Elle traite d'un cas spécifique d'une commune rurale du Mali (Madiama) et concerne les contraintes et les conséquences liées à l'utilisation des ressources naturelles, les types de conflit, leur évolution, les contraintes, les conséquences, et les instances actuelles de gestion des conflits. Enfin une réflexion est aussi faite sur les origines de ces conflits, à savoir le manque d'espace, l'insécurité alimentaire et la pauvreté.

COMMERCIALISATION DU RIZ TRADITIONNEL DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER AU MALI

Marcel KUPER¹, Hamadoun MAÏGA¹

¹ : IRD Bamako, BP 84

Le delta intérieur du Niger au Mali, avec une superficie inondable de plus de 30 000 km², est traditionnellement une zone de production de riz. *Oryza glaberrima* y est actuellement toujours l'espèce de riz la plus répandue. Ce riz flottant, cultivé sans aucune maîtrise de l'eau, peut supporter des lames d'eau importantes suivant le rythme de la crue du fleuve Niger, sous condition de pluies préalables suffisantes. La superficie annuellement cultivée dans le delta est de l'ordre de 115 000 à 130 000 ha. Les rendements sont relativement faibles (moins d'une tonne/ha). La contribution relative du riz traditionnel du delta dans la production totale du Mali s'élève actuellement à 10 % environ.

La production du riz dans le delta est surtout destinée à l'autoconsommation par ses 975 000 habitants, mais fait également partie du système de troc riz/poisson/lait dans les villages producteurs. Cette étude montre que 10 % de la production, soit 10 000 tonnes environ, est commercialisée. En effet, les agriculteurs du delta vendent leur riz pour obtenir une liquidité pour des besoins familiaux et on constate des flux importants vers la population urbaine et des zones déficitaires.

Le but de cette étude est d'analyser la commercialisation du riz traditionnel du delta intérieur du Niger afin de :

- comprendre le fonctionnement des marchés et leur organisation spatio-temporelle dans le delta ;
- déterminer les zones de production et de commercialisation du riz traditionnel ;
- quantifier les flux de riz traditionnel.

L'analyse des flux de riz et du fonctionnement des marchés de riz peut nous donner des éléments pour comprendre le système d'exploitation rizicole et sa répartition spatiale dans le delta.

L'étude montre que Mopti est la plaque tournante du commerce du riz traditionnel : presque la moitié du riz commercialisé annuellement, environ 4 500 tonnes, transite par Mopti. C'est surtout le riz décortiqué qui passe par Mopti, les quantités de paddy sont plutôt faibles : environ 150 tonnes. L'essentiel du commerce du riz à Mopti se fait entre mai et octobre pendant la période de soudure. A Mopti, les commerçants ne stockent guère de riz pour des raisons hygiéniques et commerciales. En général, le riz est donc vendu dans les jours qui suivent l'achat.

Le prix de riz traditionnel à Mopti est très variable selon la période de l'année. Le prix à la consommation, par exemple, varie de 140 F CFA/kg en octobre jusqu'à 250 F CFA/kg en juillet. La hausse des prix pendant la période de soudure n'est pas due aux commerçants de Mopti qui maintiennent leur marge entre 5 et 10 F CFA/kg. Le prix du riz traditionnel a tendance à s'aligner sur le riz blanc et c'est donc aux producteurs et commerçants à l'intérieur du delta qu'incombent les retombées des hausses des prix.

L'intégration des marchés à l'intérieur du delta et entre ces marchés et Mopti est en général relativement faible. Cette intégration dépend de la difficulté d'accès et de communication entre les marchés et des conventions entre les commerçants. Les marchés de Attara et Niafunké, par exemple, sont reliés par une route correcte et affichent un taux d'intégration des prix élevés. En revanche, les marchés de Toguéré Koumbé et Youvarou ne sont pas très accessibles et les prix sur ces marchés ne semblent pas du tout en relation avec ceux des autres marchés du delta.

Les marchés de riz traditionnel sont atomisés avec de nombreux acteurs. Il existe néanmoins d'importants réseaux d'approvisionnement, de transport et de vente, structurant ces marchés. La confiance engendrée par l'appartenance à un réseau permet aux commerçants de bénéficier d'un crédit informel et d'être informés des opportunités éventuelles sur les marchés.

INTEGRATION AGRICULTURE-ELEVAGE DANS LES VALLEES INONDABLES PERIURBAINES DE NGAOUNDERE : CAS DE MARZA

Michel TCHOTSOUA¹, Jean BOUTRAIS², Jacques BONVALLOT²

¹ : BP 553, Ngaoundéré, Cameroun.

² : IRD-Bondy, France

C'est à partir de 1986 que l'agriculture est devenue une réalité dans la vallée inondable de Marza. Du point de vue économique, la culture du maïs, du taro, des légumes, de la tomate, de la patate, du manioc, du haricot, du gombo et des fruitiers connaît un nouvel essor.

Cette polyculture effrénée qui s'effectue dans des conditions foncières précaires et avec des moyens techniques peu efficaces est liée à la crise économique certes, mais aussi et surtout aux conditions favorables du milieu. Cette mise en valeur modifie non seulement le paysage mais aussi les comportements et les stratégies agro-pastorales des acteurs.

Malgré des rendements individuels appréciables pour le moment, un bon nombre de problèmes persiste. Aucun plan d'aménagement de l'ensemble de la plaine n'a été élaboré. Et pourtant, il est désormais absolument nécessaire si l'on veut préserver la vocation agricole de la plaine. L'appui technique est presque nul. La maîtrise du régime hydrologique dans la plaine est insuffisante et presque incompatible avec le système de parkage qui s'y développe actuellement.

LES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICLES ET LEURS CONSEQUENCES DANS LA PLAINE D'INONDATION DU LOGONE (CAMEROUN)

Jules KOUOSSEU¹

¹ : Assistant université de Ngaoundéré – BP 454 Ngaoundéré – Cameroun

Les populations de la plaine du Logone bénéficient depuis 1950 de l'un des plus grands investissements socio-économiques du Cameroun. En effet, pour les intégrer dans l'économie capitaliste, l'administration française y imposa la pratique de la riziculture. Une digue fut construite le long du fleuve Logone pour arrêter les inondations et depuis 1979, un lac artificiel fonctionnel à Maga permet d'y étendre la riziculture irriguée. Ce dernier qui endigue un bassin de 36 000 hectares est alimenté par les eaux du Logone à partir de la prise d'eau de Djafga et les Mayo Tsanaga et Bvoula qui prennent leur source dans les monts Mandara. Sa mise en valeur attira de nombreux migrants riziculteurs ou pêcheurs qui s'adonnèrent à une exploitation anarchique des ressources halieutiques. En outre, en sa qualité de collecteur des eaux dans une zone soudano-sahélienne, il provoqua l'assèchement des régions environnantes. Ce constat nous amène à nous interroger sur les conséquences économiques, sociales, et écologiques de la présence du lac artificiel de Maga. Une synthèse des travaux, complétée par des observations et des enquêtes de terrain, permet de bien mener cette étude dont l'intérêt serait entre autres la sensibilisation des pêcheurs sur la nécessité de s'organiser et de se mettre à l'école des techniques d'alevinage afin d'augmenter la production sans détruire la faune aquatique.

STRATEGIES DES IRRIGUANTS ET DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE EN EAU : APPROCHE ECONOMIQUE INDIVIDUELLE ET COLLECTIVE. CAS DE LA PLAINE DE KAIROUAN EN TUNISIE CENTRALE.

Philippe LE GRUSSE¹, N. FAYSSE², Patrick LE GOULVEN²

¹ : CEHIAM, route de Mende, Montpellier

² : IRD, BP 434, 1004 Tunis El Menzah IV

Le travail proposé analyse les liens existants entre l'accès à une ressource en eau souterraine et les pratiques de son utilisation soit par des irriguants privés indépendants soit par des Groupements d'Intérêt Collectif (GIC) qui rassemblent un certain nombre d'exploitations autour d'une infrastructure commune de prélèvement et de distribution d'eau. Les dynamiques ressources / usages sont étudiées principalement du point de vue économique.

Dans la Tunisie Centrale, l'agriculture est de loin le principal consommateur d'eau (+de 80%) et la plupart des nappes sont déjà surexploitées avec des rabattements importants. Face à un accès plus difficile de la ressource hydrique, les stratégies d'adaptation des agriculteurs deviennent alors des facteurs essentiels pour la réflexion sur la dynamique des systèmes tant du point de vue économique qu'en terme de gestion de la ressource en eau.

Les stratégies des irriguants privés sont analysées par des modèles de simulation d'exploitations agricoles représentatives, à partir d'une typologie préliminaire croisant structures et comportements stratégiques. Les producteurs s'orientent vers trois grands types d'adaptation stratégique : approfondissement de leur puits ou création d'un nouveau puits ; investissement dans les techniques d'économie d'eau ; choix cultureux adaptés pour s'accorder à la disponibilité en eau.

L'analyse effectuée sur des exploitations types de la zone montre que le coût de revient du mètre cube d'eau par pompage privé reste inférieur au prix facturé dans le domaine public et que le poids de l'amortissement d'un approfondissement est très faible en regard du revenu agricole et de sa variabilité naturelle dans le système de production.

Ainsi face à la baisse de la nappe phréatique, les réactions des producteurs sont orientées vers des investissements de garantie d'accès à l'eau, associés souvent à l'introduction de techniques d'économie d'eau qu'ils rentabilisent dans un cadre d'extension de l'irrigation, donc de maintien de la demande sur la ressource voire d'augmentation.

Les périmètres collectifs n'ont pas la possibilité d'augmenter leur accès à la ressource dans un cadre de cogestion avec l'Etat. La viabilité de leurs exploitations passe par une meilleure valorisation économique de l'eau.

Le fonctionnement de ces périmètres est analysé pour déterminer les potentiels de gain obtenus par une amélioration des systèmes de distribution et/ou par un changement des règles de partage de l'eau. L'analyse est menée par un couplage de modèles agronomique et économique pour représenter les choix collectifs d'assolement en fonction des règles collectives de partage. D'un point de vue théorique, on doit converger vers une situation d'équilibre où chacun ayant fait son choix d'assolement, personne n'a intérêt à modifier unilatéralement le sien (équilibre non coopératif de Nash).

L'étude cherche à comprendre comment un tel équilibre peut représenter la situation actuelle et permet de simuler d'autres règles de gestion en fonction des contraintes sociales existantes.

Ces études sont menées dans le cadre du programme MERGUSIE sur la nappe de la plaine de Kairouan et de manière parallèle avec une analyse globale du système par Simulation Multi-Agents (modèle SINUS de S. Feuillette).

Au-delà des résultats obtenus, se pose le problème des différentes approches possibles pour déterminer les dynamiques entre disponibilité de la ressource en eau et son utilisation, de leur pertinence et/ou de leur complémentarité.

LE COMPLEXE KAYANGA-ANAMBE : D'UNE GESTION PRODUCTIVISTE A LA NECESSITE D'UN OBSERVATOIRE ENVIRONNEMENTAL

Honoré DACOSTA¹, A. COLY², R. MALOU³, E. L. AKPO⁴

¹ : FLSH, Ucad Réseau Zones Humides du Sénégal (UICN)

² : Cabinet d'études Tropis-environnement, Université Gaston Berger de Saint-Louis

³ : Département de Géologie, FST, Ucad, Réseau Zones Humides du Sénégal (UICN)

⁴ : Département de Biologie Végétale, FST, Ucad

L'Anambé est le principal affluent de la Kayanga, dont le bassin versant se trouve à cheval sur la Guinée, le Sénégal et la Guinée Bissau. Ce sous bassin, entièrement situé en territoire sénégalais, est constitué d'une vaste cuvette centrale inondée dont l'aménagement est confié à la Société de Développement Agricole et Industriel (SODAGRI) depuis 1982. Si l'objectif initial était la promotion de la riziculture dans la région, aujourd'hui la SODAGRI a élargi ses compétences à la gestion intégrée des ressources naturelles avec une intégration agriculture-élevage-pêche continentale.

Depuis 1974 on observe la multiplication des aménagements hydro-agricoles allant des casiers rizicoles et leurs systèmes d'alimentation en eau à la construction de deux barrages pour la constitution de réservoirs d'eau pour la satisfaction d'une double culture de riz, des besoins en eau pour l'alimentation humaine et animale.

L'intensification de la mise en valeur des terres dont les superficies aménagées devraient passer, à terme, de 5 000 ha à 16 000 ha se conjugue avec une consommation croissante d'engrais chimiques qui commencent à inquiéter les Groupements d'Intérêt Economiques (G.I.E.) paysans. A cela s'ajoute l'intensification de la pêche continentale dans les réservoirs du complexe Kayanga-Anambé dont les plans d'eau couvrent près 12 km², et qui attire des pêcheurs de la sous-région (Dacosta, Malou & Ba, 1999).

Or, si les gestionnaires de la SODAGRI sont conscients des impacts possibles de ces aménagements et de l'exploitation en cours, il n'existe pas d'études d'ensemble pour les évaluer ni de mesures pour un suivi des paramètres environnementaux portant la qualité des eaux (surface et souterraines), l'évolution de la faune et de la flore aquatique et les dynamiques du milieu suite à la construction du barrage de Niandouba et de la création d'un plan d'eau de 25 km de long et d'une capacité de 85 millions de m³.

Cette communication fait l'état des lieux dans le contexte de l'exploitation actuelle du système Kayanga-Anambé et propose des axes de recherche et de suivi pour un observatoire environnemental permettant une gestion intégrée rationnelle de cet immense complexe agro-écologique.

SAVOIR-FAIRE PAYSAN ET EXPLOITATION PISCICOLE DE MARES TEMPORAIRES EN ZONE SAHELIENNE

Olivier MIKOLASEK¹, Mathieu DORAY², Amadou BOUREIMA³, Marc OSWALD⁴

¹ : Programme productions animales, CIRAD-EMVT, Montpellier, France

² : IFREMER Pointe Fort, 97231 Le Robert, Martinique

³ : Université ABDOU MOUMOUNI de Niamey, FLSH, BP 418, Niamey, Niger

⁴ : APDRA-F, 3 square Guimard, 78960 Voisin le Bretonneux, France

Depuis le début des années 1960, un groupe de paysans du village de Tafouka (Niger) a initié et élaboré progressivement un système d'élevage piscicole extensif qui leur permet d'exploiter environ 400 hectares de mares temporaires situées sur leur terroir.

Sur le plan technique, ce système repose sur le stockage durant la saison sèche de milliers de géniteurs de *Clarias gariepinus* dans des bassins cimentés construits à l'intérieur même de concessions familiales de 5 paysans-pisciculteurs. Les mares sont ensuite mises en charge en début de saison des pluies, et les silures récoltés lors de l'assèchement des plans d'eau. La récolte est effectuée par les paysans-pisciculteurs mais également par des paysans uniquement pêcheurs. Les *Clarias* sont capturés au moyen de palangres, mais surtout dans des trous creusés au fond des mares, ces trous appartenant à des propriétaires reconnus.

L'examen dans une perspective historique de la mise en œuvre de ces techniques d'exploitation a permis d'identifier les stratégies développées par les paysans-pisciculteurs pour se partager la ressource et contrôler autant que possible l'accès des personnes extérieures à leur groupe.

Actuellement, le système piscicole semble fortement perturbé par l'augmentation rapide du nombre de nouveaux paysans-pêcheurs du village et on observe une radicalisation des conflits.

Le fait que l'animal ne soit pas la propriété de l'éleveur au cours de l'ensemble de son cycle de production est une contrainte qui rend difficile l'introduction de nouvelles techniques en vue d'améliorer la production piscicole existante. Ainsi dans la perspective d'augmenter le rendement agronomique de ces zones d'inondations temporaires, des recherches devraient être poursuivies pour mieux comprendre, d'une part les modalités et conséquences sociales que soulèverait une appropriation de la ressource piscicole par un groupe d'exploitants et d'autre part le fonctionnement de l'écosystème de ces mares temporaires.

Thème 3

Interfaces d'échange de l'information environnementale

coordinateur : Pierre Morand (GIHREX, IRD, Bamako)

médiateur : Olivier Monga (INRIA, SIMES)

TEXTE DE CADRAGE DU THEME 3 :
INTERFACES D'ECHANGES DE L'INFORMATION ENVIRONNEMENTALE POUR LA
GESTION INTEGREE DES RESSOURCES NATURELLES EN ZONE INONDABLE TROPICALE

Pierre MORAND¹

¹ : IRD Bamako – BP 84

Les grandes zones inondables tropicales sont le théâtre d'interactions intenses et parfois conflictuelles entre les multiples usages de l'eau et des ressources vivantes liées. C'est pourquoi la majorité des acteurs sociaux réclament aujourd'hui une "gestion intégrée", fonctionnant sur la base de critères et d'objectifs multiples et non pas, comme par le passé, au profit d'un ou deux seuls secteurs "prioritaires" tels que la production hydro-électrique ou l'agriculture irriguée.

Cependant, la nouvelle perspective gestionnaire qui émerge de cette prise de conscience risque fort de se transformer en vœu pieux dès lors que les instruments et outils nécessaires à sa mise en œuvre font défaut. Mais quels sont ces instruments et outils ?

Les principaux sont de type institutionnel. En effet, pour que des décisions appropriées puissent être prises au bon moment et au bon endroit, il faut que des instances de décision existent, dotées des mécanismes décisionnels, voire juridictionnels, adéquats. Les gouvernements démocratiques s'efforcent de mettre en place de telles structures, généralement sur la base d'options participatives et sur fond de décentralisation des pouvoirs, l'ensemble étant fortement approuvé et appuyé par les agences internationales.

Mais pour que les débats et décisions puissent, au sein de ces nouvelles instances, se développer sur des bases argumentaires objectives, il est nécessaire que soient rendues disponibles des informations impartiales, ayant trait aussi bien à l'état actuel de l'environnement et des ressources qu'à la possibilité d'évolutions futures. Consciente de l'existence de lacunes importantes dans ce domaine de l'information pour la décision, la recherche relève le défi et s'efforce d'imaginer, de proposer et de réaliser (au moins jusqu'au stade expérimental de "prototypes") les outils nécessaires.

Ces outils, qui relèvent de technologies variées, vont donc s'attaquer à des degrés divers aux problèmes de la collecte, de l'archivage, du partage, du traitement, de l'analyse, de la dissémination et de la prévision, allant jusqu'à proposer des mondes virtuels sur lesquels les utilisateurs, notamment les gestionnaires, pourront tester et aguerrir leur capacité de décision...

Et il apparaît clairement aujourd'hui que l'on ne peut concevoir et développer de tels outils sans associer étroitement et au même niveau de responsabilité les sciences de l'environnement, d'une part, et les sciences de l'information et de la communication, d'autre part. C'est cette large mobilisation de compétences qui doit permettre à la recherche de proposer des outils qui, au fil du temps, satisferont de mieux en mieux aux critères suivants :

- qualités de construction visant à l'efficacité certes, mais surtout à la simplicité, à la flexibilité et à la robustesse, avec le souci de permettre une maintenance durable par des compétences techniques locales,

- qualité de présentation de l'information : "interface utilisateur" de plus en plus conviviale, animée, "parlante" et proche des préoccupations et des compétences de l'utilisateur,

- clair positionnement par rapport à des gammes de besoins dûment identifiés.

L'étape suivante, qui est celle du dépassement du stade de prototype, du transfert vers les services opérationnels, de la pleine appropriation par les gestionnaires, de la généralisation de l'usage de ces outils dans la formation des nouvelles générations de techniciens, est une étape qui nécessitera de bien plus importants moyens. C'est pourquoi elle passe par la conquête préalable de la conviction des "politiques" et autres "bailleurs de fond" du développement. Et c'est là un tout autre débat...

**APPLICATION DES METHODES DE LA DYNAMIQUE DES SYSTEMES A LA GESTION
INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU : EXEMPLE DU BASSIN VERSANT DU MAE KLONG,
THAÏLANDE.**

**Ekasit KOSITSAKULCHAI¹, François MOLLE¹, Pierre CHEVALLIER², Patrick LE GOULVEN²,
Eric CADIER², Alain DEZETTER², François VALETTE³**

¹ : DORAS Center, Kasetsart University/IRD, Bangkok 10900, Thailand

² : Hydrologie, IRD, BP 5045, F-34032 Montpellier, France

³ : CNRS/Université Montpellier II, F-34095 Montpellier, France

Cette étude a pour objet l'analyse des stratégies pour la gestion intégrée de la ressource en eau dans le bassin versant du Mae Klong (31 000 km²) en utilisant les méthodes de la Dynamique des Systèmes. La variabilité de la ressource et l'intensification des usages incitent à une gestion prudente des hydrosystèmes aménagés. Pour aborder des conditions dynamiques complexes, les modèles de simulation prenant en compte des règles de gestion parfaitement définies jouent un rôle crucial. L'analyse systémique avec un outil de modélisation utilisant les méthodes de la Dynamique des Systèmes nous offre un double avantage : aider à comprendre et représenter les systèmes complexes. L'environnement Vensim® a été choisi pour cette étude ; deux types de modèles interconnectés ont été construits :

- d'une part, un modèle pluie-débit semi-global pour estimer les apports en plusieurs points de contrôle du bassin versant ;
- d'autre part, un modèle de simulation intégrant la conduite opérationnelle des ouvrages et les contraintes économiques et/ou réglementaires et préfigurant un outil d'aide à la décision.

Des stratégies rationnelles de gestion sont proposées, sur la base d'un ensemble de scénarios. Les résultats obtenus nous encouragent à appliquer cette approche à des hydrosystèmes encore plus complexes.

**APPROCHE MULTI-ECHELLES DES DYNAMIQUES AGRAIRES DES ZONES DE MONTAGNE
DU BASSIN DU FLEUVE ROUGE (VIETNAM) FONDÉE SUR LE COUPLAGE ENTRE
SIMULATIONS MULTI-AGENTS ET SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE.**

Jean-Christophe CASTELLA¹, Dang Dinh QUANG²

¹ : Institut de Recherche pour le Développement (IRD, France) et International Rice Research Institute (IRRI, Philippines)

² : Institut National des Sciences Agronomiques (INSA, Vietnam)

Le contexte particulier des montagnes du Nord Vietnam pousse vers une recherche et des méthodologies innovantes pour répondre aux défis (i) de l'extrême diversité de l'environnement naturel et humain, (ii) des dynamiques rapides de changement, (iii) du transfert d'échelles entre niveaux locaux et régionaux, et (iv) de la nécessaire médiation entre acteurs du développement afin de favoriser une appropriation rapide des résultats de recherche par ces derniers.

Une approche intégrée a été développée dans le cadre du programme « Systèmes Agraires de Montagne » (SAM) afin de comprendre et modéliser à différentes échelles d'espace et de temps les interrelations entre pratiques des acteurs, processus de production agricole et dynamiques des milieux. Cette démarche est appliquée ici à l'étude de la viabilité agro-écologique et socio-économique des systèmes d'abattis brûlés dans les hautes terres du Nord Vietnam. Il ne s'agit pas d'inventer une nouvelle méthode de passage du local au régional, mais plutôt de combiner des outils et concepts existants pour assurer :

- l'intégration horizontale : analyse systémique des modes d'exploitation du milieu à l'interface entre nature et sociétés, et
- l'intégration verticale des connaissances interdisciplinaires : méthode de transfert d'échelle fondée sur le couplage entre simulations multi-agents (SMA) représentant les processus locaux et systèmes d'information géographique (SIG) régionaux. Elle permet de lier les données discrètes, statiques du SIG aux données dynamiques issues des études de terrain afin de simuler les mécanismes de transformation de l'agriculture régionale.

Depuis 1998, la démarche proposée a permis de tester l'impact relatif des moteurs du changement (politiques agricoles et foncières, ouverture économique, etc.) sur les dynamiques agraires et la différenciation des exploitations agricoles de l'échelle du village jusqu'à celle de la province. Elle s'est aussi révélée particulièrement adaptée au renforcement des interactions interdisciplinaires entre chercheurs et des relations avec les décideurs locaux et régionaux.

SINUSE, UN OUTIL D'EXPLORATION DES DYNAMIQUES D'EXPLOITATION A L'INTERFACE ENTRE RESSOURCE EN EAU ET USAGES.

Sarah FEUILLETTE¹, François BOUSQUET², Patrick LE GOULVEN³

¹ : IRD, Laboratoire d'Informatique Appliquée, 32 av Varagnat, 34090, Bondy

² : Cirad Tera Ere, TA 60/15, 73 Avenue Jean-François Breton, 34398 Montpellier Cedex 5

³ : IRD, Mission en Tunisie, BP434, 1004 Tunis El Menzah IV, Tunisie

Ce travail, effectué à l'Institut de Recherche pour le Développement au sein du programme MERGUSIE (recherches sur la Gestion Intégrée Ressource-Usages de l'Eau dans le bassin du Merguellil) s'attache à explorer les interactions reliant une ressource en eau à ses usagers, à l'aide de la simulation multi-agents. Malgré le fait que SINUSE (Simulation Intégrée Nappe Usages de l'Eau) a été construit sur le cas particulier d'une nappe phréatique, sa logique "interactions ressources/usages" peut être transférable à d'autres types d'hydrosystèmes.

L'objet de notre travail est de rechercher des voies de gestion par la demande d'une nappe phréatique surexploitée. Cette question implique une connaissance de la demande et des interactions entre demande et offre. Le modèle multi-agents SINUSE a été construit à la fois pour représenter le système complexe constitué par l'ensemble ressource en eau/usages, pour faciliter le traitement des multiples données collectées sur le terrain relativement à la question posée, et pour explorer les liens entre ressources et usages à travers des simulations permettant notamment d'étudier les tendances d'évolution du système sous certaines contraintes.

Le modèle SINUSE représente donc à la fois la ressource et les usages, leurs dynamiques propres et leurs dynamiques d'interaction.

Dans SINUSE, **la ressource** est caractérisée par :

- une différenciation spatiale (différentes zones de profondeur d'accès et de sensibilités différentes à l'exploitation)
- une "réactivité" aux usages, ou sensibilité au forçage, exprimée par ses paramètres hydrogéologiques.

Les usagers (des agriculteurs) sont caractérisés par :

- des conditions familiales, parcellaires, économiques, de revenus extra-agricoles, d'accès à la ressource (liées à leur situation spatiale et à leurs conditions de départ)
- des règles d'action tactiques aux échelles de temps annuelle et saisonnière (échanges fonciers, choix de campagne agricole en fonction de critères déterminés) et stratégiques sur le long terme (investissement ou décapitalisation), qui correspondent globalement à un même objectif (si possible acquérir ou étendre la surface irriguée par un accès privé), et varient seulement selon les conditions extérieures. Les démarches tactiques et stratégiques des agriculteurs se répercutent sur leur trésorerie et leur épargne.

A l'interface entre ressources et usagers, le modèle SINUSE représente les parcelles comme agrégats spatiaux dotés d'une taille et d'un accès potentiel ou effectif à l'eau, et les puits, ou points d'accès à l'eau, caractérisés par leur profondeur, les parcelles qu'ils irriguent, les parcelles où ils sont situés et le volume qui leur est prélevé.

Finalement, SINUSE représente 3 types d'agents :

- **des entités spatiales** (les parcelles, les zones agraires au sein desquelles sont définies les conditions initiales, les différentes zones de la nappe, les périmètres irrigués qui constituent des structures différenciées de gestion de l'eau par une infrastructure collective. La plupart de ces entités spatiales sont saisies à partir de cartes.

- **des entités sociales**, les agriculteurs, qui sont capables d'agir sur leurs parcelles, de prendre des décisions, mais aussi de s'envoyer mutuellement différents type de messages
- **des entités situées passives**, comme les puits.

Le "jeu" est visualisable sur une grille spatiale représentant l'environnement. Ainsi construit, le modèle permet d'explorer les interactions entre usages et ressources, et de tester des interventions possibles sur le système pour explorer des voies de gestion du système par la demande.

Nous avons sélectionné dans ce cas les agents jugés les plus importants par rapport à l'approche adoptée. Une autre approche aurait pu nous conduire à représenter les fluctuations du marché et ses interactions avec la production, des acteurs institutionnels, des réseaux particuliers au sein des agriculteurs.

MODELISATION HYDRAULIQUE ET GESTION SOCIALE DE L'EAU : L'EXEMPLE DU BAS-DELTA MAURITANIEN

**Stéphanie DUVAIL¹, Ger BERKAMP², Mohamed Lemine OULD BABA³,
Mike ACREMAN⁴, Olivier HAMERLYNCK⁵**

¹ : CEREG (Centre d'Etudes et de Recherches Eco-Géographiques), Université Louis Pasteur, Strasbourg, France (duvail@geographie.u-strasbg.fr).

² : UICN, Gland, Suisse (gib@hq.iucn.org).

³ : GREZOH (Groupe de Recherche sur les Zones Humides), Faculté des Sciences et Techniques de Nouakchott, Mauritanie (ouldbaba@univ-nkc.mr).

⁴ : UICN, Institute of Hydrology, UK (m.acreman@ioh.ac.uk).

⁵ : UICN, Bamako, Mali (uicn@spider.toolnet.org).

Depuis la construction du barrage de Diama, les crues qui alimentent la plaine inondable du delta du fleuve Sénégal ne sont plus naturelles. Elles dépendent de la manipulation d'ouvrages hydrauliques construits autour de la retenue du barrage.

Au Sahel, dans un milieu artificialisé, les choix de gestion des ouvrages hydrauliques sont d'autant plus déterminants que la contribution de la pluviométrie au bilan hydrologique est relativement faible. L'organisation de l'hydrosystème dépend principalement des paramètres des inondations (volume, salinité, calendrier).

A l'aval du barrage de Diama, une tentative est faite de restaurer les conditions naturelles de la crue. L'originalité de ce projet est d'associer aux objectifs de restauration du milieu, des objectifs de conservation et de développement de l'économie locale.

Dans un tel contexte, la connaissance du fonctionnement hydraulique de la plaine et des relations entre hauteurs d'eau et ressources naturelles est capitale, pour gérer les volumes d'eau dans les cuvettes mais aussi pour simuler différents scénarios de gestion des eaux.

De 1994 à 1999, des données ont été acquises pour mieux comprendre les interactions entre inondations, écosystèmes et activités humaines.

Un accent particulier a été mis sur le suivi hydrologique. Le réseau hydrographique a été équipé d'échelles limnimétriques, d'une station hydrométrique (ouvrage de Lemer) et d'une station climatique automatique. Une information topographique précise sur le réseau des marigots a également été acquise. Ces données ont été utilisées pour modéliser le fonctionnement hydraulique du bas delta mauritanien selon deux méthodes. Le calcul des bilans d'eau à l'échelle des cuvettes informe des volumes d'eau transités. L'utilisation couplée d'un logiciel de modélisation unidimensionnelle (Mike 11 du Danish Hydraulic Institute) et d'un système d'information géographique (ArcView d'Esri) a rendu possible l'intégration des données dans le temps et l'espace.

Parallèlement à cette modélisation hydraulique, une description des relations entre hauteurs, durée de submersion et disponibilité des ressources naturelles a été entreprise ainsi qu'une analyse des stratégies des principaux utilisateurs de ces ressources (éleveurs, pêcheurs, cueilleurs mais aussi oiseaux d'eau).

Les résultats sont présentés sous forme de cartes et de calendriers des besoins en eaux de chacun des acteurs (définis en terme de hauteurs et de qualité). Ces calendriers sont mis en confrontation et un scénario optimal est défini.

Si la modélisation hydraulique donne de bons résultats pour la description des hauteurs d'eau, il est illusoire de pouvoir modéliser précisément les réactions de l'écosystème et de l'anthroposystème aux inondations pour plusieurs raisons. Premièrement, les relations entre les différents paramètres sont rarement linéaires et souvent difficilement spatialisables. Vouloir coupler modèle hydraulique et

modèle socio-économique est par ailleurs une démarche un peu déterministe qui prend mal en compte le poids des contraintes externes et les rapides évolutions des stratégies des acteurs.

Néanmoins, l'exercice de modélisation permet la simulation de scénarios de circulation des eaux qui peuvent servir de base dans les négociations entre acteurs à propos de la gestion de l'eau. La confrontation des besoins des différents utilisateurs permet aussi de mettre en valeur les incompatibilités d'intérêts et d'identifier ainsi les risques éventuels de conflits.

Dans un milieu aussi complexe qu'un delta, la modélisation n'est donc pas conçue comme une méthode de prévision de l'évolution de l'hydrosystème à long terme mais plutôt comme un outil d'aide à une 'gestion sociale' de l'eau, c'est à dire, une gestion qui soit mieux adaptée aux besoins des utilisateurs locaux et qui ne réponde plus seulement à des contraintes techniques, macro-économiques ou politiques définies à l'échelle du pays.

MODELISATION INTEGREE D'UN ECOSYSTEME INONDABLE : LE DELTA INTERIEUR DU NIGER AU MALI

**Marcel KUPER¹, Claude MULLON², Yveline PONCET³, Pierre MORAND¹,
Didier ORANGE¹, Robert ARFI⁴, GilMAHE⁵, Elisabeth BENGA¹**

¹ : IRD Bamako

² : 19 av. Grande / 7700 Newlands – Afrique du Sud

³ : IRD Orléans

⁴ : Station Marine d'Endoume, Rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille – France

⁵ : 01 BP 182 Ouagadougou, Burkina

Le Delta Intérieur du Fleuve Niger au Mali est un exemple d'écosystème où régime hydrologique, dynamique de l'environnement et de la faune aquatique et activités humaines (pêche, agriculture, élevage) sont étroitement associés. La durabilité des modes d'exploitation par l'Homme d'un tel milieu est une question fondamentale, ce système se trouvant en position intermédiaire entre des systèmes quasi-naturels (Bassin de l'Amazone) et des systèmes fluviaux fortement modifiés par l'Homme (aménagements sur le Sénégal). Un enjeu majeur du développement est de passer de l'exploitation à la gestion des ressources naturelles en tenant compte (1) de la dynamique à long terme sur les systèmes physiques, biologiques et anthropiques et (2) des besoins et des usages des populations.

Les écosystèmes sont complexes, entraînant des critères et contraintes de décision multiples. C'est pourquoi le fait de disposer de nombreuses informations actualisées et synthétiques ne suffit pas forcément pour mesurer les implications à venir. Ce type d'outils destiné à explorer et à discuter les stratégies de gestion possibles et les scénarios résultants est donc indispensable : il relève de la modélisation par simulation. La modélisation est utilisée comme un outil permettant de combiner une approche écologique de la dynamique des ressources et une approche socio-économique des activités humaines, de formaliser des interactions spatiales dans une dynamique temporelle, et ainsi de mieux comprendre le fonctionnement d'un écosystème exploité. Donc la modélisation participe à trois objectifs scientifiques forts :

1. la description de l'objet d'étude,
2. l'analyse et la compréhension du fonctionnement de l'objet,
3. la simulation et l'évolution de l'objet.

La configuration de la maquette MIDIN (Modélisation Intégrée du Delta Intérieur du Niger) est modulaire, avec des modules thématiques. L'avantage d'une telle configuration est d'une part, qu'on peut développer et améliorer ces modules indépendamment, et d'autre part, qu'on peut assurer des sorties thématiques, qui peuvent être vérifiées et analysées. L'ensemble est commandé par une horloge. La maquette de modélisation intégrée du delta intérieur du Niger est construite à partir d'une représentation géoréférencée d'une architecture spatiale hydrologique fondée sur la structure en réseau (nœuds et flux) de l'hydrosystème et sur les fonctionnalités hydrologiques des objets géographiques (transfert, stockage, vidange). L'hydrosystème est donc représenté par des traits (chenaux, rivières, fleuve), des cônes (lacs, plaines) et des nœuds (défluences, confluences).

Les attributs des objets spatiaux concernent l'eau, moteur du système (remplissage, vidange et évaporation), mais aussi certains champs de l'écologie végétale et planctonique, les différents biotopes d'intérêts halieutique, agricole et pastorale, les lieux de résidence des groupes humains et leurs stratégies de migration pour l'exploitation des ressources naturelles. Si donc la variable explicative principale est la quantité d'eau, les variables de sorties sont les productions possibles des zones de pêche, des zones agricoles et des zones pastorales.

Dans l'état actuel de la conception, la maquette a trois fonctions différentes :

- Simulation et animation graphique de l'ensemble des processus modélisés ou un seul processus,
- Analyses de sensibilité en faisant varier certains paramètres influents,
- Exécution de scénarios en accordant des valeurs aux paramètres de simulation (fertilité du poisson, niveau de la crue etc.).

STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT DE MODELES D'AIDE A LA GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU

Jean-Christophe POUGET¹, Patrick LE GOULVEN²

¹ : IRD / ORSTOM - Laboratoire d'hydrologie - BP 5045 - 34032 Montpellier cedex - FRANCE
jpouget@mpl.ird.fr,

² : IRD / ORSTOM - Laboratoire d'hydrologie - BP 5045 - 34032 Montpellier cedex - FRANCE
Patrick.LeGoulven@mpl.ird.fr

L'aménagement de bassins hydrographiques constitue un système complexe avec un grand nombre d'acteurs avec différents objectifs et stratégies, un grand nombre de processus physiques et une interdépendance entre les processus physiques et les décisions humaines. Notre objectif vise le développement d'un environnement de modélisation de systèmes de ressources en eau et d'aide à une gestion de plus en plus intégrée.

Il est possible de séparer le processus de gestion des ressources en eau, en deux phases principales: une phase d'études regroupant les études de planification et de conception et une phase de mise en œuvre regroupant l'installation et la gestion opérationnelle des systèmes.

Pour offrir une aide à différents acteurs tout au long de ce processus continu, un environnement de modélisation doit offrir trois grandes fonctionnalités :

- la construction de systèmes d'eau, de nouveaux systèmes d'eau peuvent être construits, on peut ajouter de nouveaux composants ou modifier la structure physique ou les consignes de gestion de systèmes existants ;
- la simulation et/ou l'optimisation de la gestion opérationnelle, il est possible de simuler le fonctionnement des systèmes d'eau sur une longue période de données hydro-météorologiques, à des pas de temps variables et suivant différents modes de gestion, intégrant des priorités de desserte en eau et des règles de mobilisation des ressources ;
- l'évaluation des performances, la fiabilité, la vulnérabilité et la flexibilité des systèmes peuvent être étudiées par rapport à la satisfaction de divers objectifs.

Le développement est donc basé sur la représentation et la simulation de fonctionnement de bassins aménagés, qui constituent des systèmes fortement structurés. L'approche objets permet une modélisation aisée de cette structure, qui fonde l'architecture du développement et assure la continuité de l'évolution. Au gré des besoins, diverses versions de modèles opérationnels peuvent être produits, où de nouveaux types de composants de systèmes d'eau, de nouvelles fonctionnalités d'analyse peuvent être ajoutées, des processus physiques plus ou moins complexes peuvent être détaillés, etc.

Le développement, réalisé en Java, a conduit à la définition d'une interface graphique générique, qui permet :

- une navigation aisée entre objets : le système d'eau, les composants, les propriétés, etc ;
- des vues multiples d'un même objet : description, définition, validité, résultats divers, etc ;
- des opérations sur ces objets : ajouter un composant, copier/coller, simuler, etc.

Le développement actuel permet notamment de simuler la gestion opérationnelle en intégrant les niveaux de décision stratégiques et tactiques. Les modèles d'optimisation de la gestion stratégique utilisent des algorithmes de programmation linéaire, plus ou moins complexes. Dans le projet européen WARSYP, par exemple, il a été introduit des algorithmes d'optimisation portant sur un arbre de scénarios, généré pour représenter la stochasticité des apports et des demandes.

Les développements futurs s'inscrivent dans l'unité DIVHA (Dynamiques, Impacts et Valorisation des Hydro-Aménagements) et visent à intégrer différents aspects de gestion : stratégies d'agriculteurs, problèmes de qualité, prise en compte de prévision sur les apports, etc.

CRUE, INONDATION ET PRODUCTION HALIEUTIQUE DANS LE DELTA CENTRAL DU NIGER : UN MODELE PREDICTIF DES CAPTURES EN POISSON

Raymond LAE¹, Gil MAHE²

¹ : Centre IRD de Brest, B.P. 70, 29280 Plouzané, France.

² : Centre IRD, 01 BP 182, Ouagadougou 01, Burkina-Faso

Les pluies sur le Mali n'interviennent que pour 5-10% dans l'inondation du delta central dont l'étendue est déterminée par les régimes hydriques des fleuves Niger et Bani, eux-mêmes dépendants de la pluviométrie sur les bassins versants. Les variations pluviométriques enregistrées en Guinée, dans tout le sud du Mali et le nord-ouest de la Côte d'Ivoire sont donc responsables des variations des débits et des maximums de crue de ces deux fleuves. Ainsi depuis le début du siècle le fleuve Niger a connu trois périodes de sécheresse (1913, début de la décennie 1940 et depuis 1970) et deux périodes d'abondantes précipitations (1925-35 et 1950-60). Malgré l'amélioration récente des conditions de précipitation, le renversement de tendance dans l'hydraulicité du fleuve est retardé car dépendant dans un premier temps de la reconstitution des nappes phréatiques du bassin versant.

Cette diminution des débits entraîne des modifications dans le processus d'inondation des plaines dont les surfaces en eau ont tendance à se réduire en même temps que se raccourcit la durée de submersion. Les conséquences sur les différents types de formations végétales saisonnièrement inondées sont immédiates entraînant le remplacement ou la disparition de certaines espèces. Ces plaines offrent à chaque crue une nourriture abondante et variée aux poissons. La qualité de l'inondation est donc déterminante dans le succès de la reproduction, la vitesse de croissance des poissons, la baisse de mortalité naturelle et finalement la qualité du recrutement.

Pour ce type d'écosystème où les populations de poisson présentent des adaptations particulières à la variabilité intra-annuelle de leur environnement, les mortalités naturelles restent très élevées. De ce fait, l'impact des pressions de pêche, extrêmement fortes dans le cas du DCN, est moins déterminant que dans des écosystèmes stables et certainement plus sensible au niveau qualitatif (composition des peuplements) que quantitatif (niveau des captures). Le principal facteur responsable de la variation des captures étant d'ordre hydrologique, il est donc possible de construire un modèle prédictif basé sur la variabilité interannuelle de l'environnement du delta.

L'utilisation des données de pluie sur la Guinée et la Côte d'Ivoire qui permettaient dès le mois d'octobre d'estimer les captures annuelles jusqu'en fin d'étiage de l'année suivante s'est révélée inappropriée pour deux raisons : 1) cette approche nécessite de couvrir tout le bassin versant et donc de recourir à des jeux importants de données, 2) la relation entre les pluies et le débit des fleuves n'est pas immédiate puisqu'on observe des phénomènes de retard ou d'amplification suivant l'état des nappes phréatiques.

Par ailleurs, un suivi permanent dans le cadre d'un observatoire nécessite l'utilisation d'un modèle basé sur l'acquisition d'une donnée simple et peu onéreuse. Le suivi des débits du Niger à Mopti répond à ces exigences, cette station ayant une situation géographique représentative de l'évolution du régime hydrologique dans la cuvette lacustre. On observe une bonne corrélation (R^2 ajusté = 0.93, $p < 0.001$) entre les données de capture (juillet à juin) et les débits à Mopti (juillet à novembre de l'année n + juillet à décembre de l'année $n-1$). Ce modèle, facile à utiliser permet de prédire avec 7 mois d'avance les captures de l'année en cours. Il constitue donc un outil de gestion pour les décideurs permettant de prévoir et d'accompagner les situations de crise ou d'abondance. Par ailleurs, l'évolution du décalage entre les captures et les débits est un bon indicateur de l'état d'exploitation des stocks : l'absence de décalage est synonyme d'une forte exploitation caractérisée par un rajeunissement inquiétant des peuplements alors qu'un décalage de plusieurs années traduit une faible exploitation et la présence de poissons relativement âgés.

SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE " HOMMES, MILIEUX ET CONFLITS FONCIERS DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER (MALI)"

Jérôme MARIE¹, Pierre HIERNAUX¹, Mark HAYWOOD¹, Isabelle Louise BISSON¹.

¹ : Laboratoire CNRS "Géosystèmes" UMR 6554 - Bât IUEM Technopôle Brest-Iroise - 29280 PLOUZANE

marie@sis.msh-paris.fr

Développé sous Arc Info, ce SIG constitue un outil d'aide à la décision pour la gestion des ressources naturelles, notamment des pâturages du delta et pour l'analyse des conflits fonciers provenant de la compétition pour l'utilisation de l'espace entre pasteurs et agriculteurs. Il permet d'aborder les problèmes à différentes échelles, globalement sur l'ensemble de Delta (de Ké Macina à Youvarou) ou dans le cadre des 51 communes qui se partagent l'espace deltaïque.

Schématiquement ce SIG se compose d'un ensemble de bases de données spatiales topologiques et de bases de données thématiques.

Informations spatiales topologiques (couvertures principales)	Informations thématiques (bases de données)
• VEGETATION	<ul style="list-style-type: none"> • Flore • Ecologie • Production
•SAU_90 (surfaces agricoles en 1990)	• Util_sol_90
•SAU_75 (surfaces agricoles en 1975)	• Util_sol_75
• SAU_52 (surfaces agricole en 1952)	• Util_sol_52
PISTES_GITES	<ul style="list-style-type: none"> • Pistes • Gîtes • Troupeaux
COMMUNES	• Population (1978,1987,1998)
VILLAGES	• Population (1978,1987,1998)
LEYDE	• Leyde

Ces thèmes couvrent le Delta jusqu'au lac Débo et au Farimaké inclus, à l'exception des couvertures SAU_75 et SAU_52 qui ne couvrent que la moitié ouest. La couverture VEGETATION comprend 14 000 zones regroupant 120 formations végétales, les trois bases de données (flore, écologie et production) regroupant 110 paramètres pour chacune des zones de végétation. La couverture PISTE_GITES représente 3575 Km de pistes et environ 1000 gîtes répartis sur tout le delta. Les couvertures COMMUNES et VILLAGES ainsi que les bases de données associées concernent respectivement 51 communes et 915 villages.

L'analyse spatiale de ces données de base permet notamment :

- De cartographier les formations végétales du Delta à échelle fine (120 formations et 14 000 zones).
- De modéliser la production des pâturages (herbacées et ligneux – production annuelle et mensuelle).

- De simuler l'utilisation pastorale du milieu en fonction de différents scénarios de conduite des troupeaux.
- De simuler les surfaces inondées en fonction des hauteurs de crues sur l'ensemble du Delta ou commune par commune.
- De suivre l'extension des surfaces cultivées par catégories (cultures sèches, riziculture inondée, riziculture à submersion contrôlée....)
- De mettre en relation les surfaces cultivées avec les formations végétales ayant été défrichées à différentes périodes (les bourgoutières, par ex.)
- D'analyser le fonctionnement du réseau de pistes de bétail internes au delta (3575 km de parcours) et de gîtes (un millier) et de préciser les relations de ce réseau avec les pâturages d'une part et avec les surfaces cultivées d'autre part.
- D'analyser les conflits fonciers nés de la compétition entre défrichements agricoles et infrastructure pastorale.
- D'analyser les conséquences possibles du changement de découpage territorial créant les communes rurales (loi de Décentralisation de 1996) sur les Leyde (territoires pastoraux) et sur l'infrastructure pastorale.

Ces thèmes ne sont pas exhaustifs et visent seulement à donner un aperçu des fonctionnalités possibles du SIG "Hommes, milieux et conflits fonciers" qui pourront être présentées lors du séminaire GIRN-ZIT de Bamako. Après mise à jour de certaines données et échantillonnage de zones-tests, il pourrait, en association avec le modèle MIDIN mis au point par l'équipe GIHREX de l'IRD, constituer la base d'un observatoire du Delta Intérieur du Niger.

L'OBSERVATOIRE DE LA PECHE DANS LE DELTA INTERIEUR DU NIGER : UNE EXPERIENCE, DES RESULTATS, DES ENSEIGNEMENTS

Pierre MORAND¹, Amaga KODIO², Tiema NIARE³

¹ : Programme GIHREX, Centre IRD, BP 84 Bamako

² : Programme Ressources Halieutiques, CRRA, BP 205 Mopti

³ : TiemaNiare@aol.com

En 1994, le programme d'études halieutiques dans le Delta Central du Niger parvenu à son terme recommandait dans son rapport de synthèse la mise en place d'un "organe de suivi permanent de la pêche" dans cette éco-région. Largement ignorée par les institutions politiques et les bailleurs de fond de la place, cette recommandation fut par contre entendue et traitée par les équipes de recherche compétentes, à l'Institut d'Economie Rurale du Mali (IER) et à l'IRD, ainsi que par l'organisme de développement régional le plus concerné, l'Opération Pêche de Mopti (OPM). SIMES, programme international de recherche en sciences de l'information, vint alors à point nommé pour appuyer les ambitions de cette équipe.

En cinq ans et demi, l'équipe de recherche IER-IRD appuyée par des agents de terrain de l'OPM a conçu et mis en place plusieurs modules d'enquête, développé un système de gestion et de traitement semi-automatique des données, mis au point et lancé divers formats de restitution (notamment un bulletin semestriel), adopté des supports de diffusion efficaces tels que Web et cederom, aboutissant finalement à ce qu'on peut appeler aujourd'hui un prototype fonctionnel d'observatoire. Cinq années de données et d'informations sur la pêche, régulièrement mises à jour, sont aujourd'hui rendues disponibles et accessibles grâce à cet observatoire. C'est pourquoi, sur la base d'un certain recul, il apparaît aujourd'hui possible de présenter un bilan critique de cette expérience, bilan qui sera ici décliné sous trois angles :

- les résultats scientifiques de l'observatoire : il s'agit de citer des tendances ou des évolutions (phénomènes sociaux ou naturels) qui, grâce à cet observatoire, ont pu être *détectées et décrites précocement* au cours de ces dernières années.
- les acquis en termes de démarche et de méthodologie: mise au point de procédures et d'outils informatiques, maturation progressive d'indicateurs, stratégie de couplage des nouvelles technologies de l'information à des techniques plus conventionnelles.
- enfin, un examen critique des aspects sociaux et institutionnels sera tenté, évoquant la réaction (positive mais distante) des bénéficiaires cibles mais aussi la difficulté d'insertion du projet dans un cadre institutionnel pérenne.

Nous pensons que plusieurs éléments de ce bilan peuvent contribuer aujourd'hui à la définition d'une stratégie de l'information environnementale plus réaliste en Afrique sub-saharienne, une stratégie qui soit moins "top-down" et qui soit également plus attentive aux conditions de faisabilité technique, ainsi qu'à la qualité de collaboration entre instituts de recherche, d'une part, et services d'encadrement et de développement, d'autre part.

DES SYSTEMES D'ENQUETE AUX SYSTEMES D'INFORMATION DECISIONNELS : REFLEXIONS A PARTIR DE L'OBSERVATOIRE DES PECHEES EN COTE D'IVOIRE

Marie PIRON¹, Bruno Romagny²

¹ : IRD - Centre de Bondy - 32 rue H.Varagnat 93143 Bondy

piron@bondy.ird.fr

² : IRD - Centre de Petit Bassam - PB 04 BP 293 Abidjan 04 - Côte d'Ivoire

[Bruno.Romagny@ird.ci](mailto: Bruno.Romagny@ird.ci)

Nous voudrions, dans cet exposé, réfléchir sur l'apport des systèmes d'information décisionnels dans la conception et la mise en place des observatoires en PED notamment lorsqu'ils traitent à la fois de la société et du milieu naturel. Cette réflexion s'inscrit dans la suite de l'école d'été sur les observatoires [Mullon *et al*, 98], de travaux sur les enquêtes et systèmes d'information dans le domaine de sciences sociales [Piron, 99] et dans le montage actuel d'un observatoire des pêches en Côte d'Ivoire.

Dans un premier temps, nous cherchons à mettre en parallèle deux modes de mobilisation de données, les systèmes d'enquêtes (largement privilégiés dans les PED) et les systèmes d'information décisionnels (domaine de recherche en pointe notamment dans le secteur privé), pour présenter les spécificités du fonctionnement et de l'évolution des observatoires. Rappelons que ceux-ci sont conçus comme des systèmes d'information réactifs, permanents, capables de saisir rapidement évolutions et changements et permettant le suivi de dynamiques [Mullon *et al*, 98]. Nous montrons comment les systèmes d'information décisionnels [Fogelman-Soulie, 99], qui privilégient des procédures automatisées de collectes, de traitement, de restitution, permettent aux observatoires de mieux répondre à leurs propres objectifs [Mullon & Piron, 98] : permanence du système d'observation, pertinence de l'information, mise en place d'un cycle court, ouverture du dispositif. Nous levons par la même l'ambiguïté sur l'appellation "observatoire", notamment en sciences sociales, pour tout système d'enquête. Cette mise en parallèle doit également favoriser une meilleure intégration des deux composantes "société" et "milieu naturel" qui, pour un même observatoire, sont parfois intimement liées mais d'approche différente. Nous insistons ainsi sur le changement qui s'opère actuellement dans la conception des observatoires, en particulier sur les rapports à l'information et sur les principes généraux d'analyse statistique.

En effet, il est intéressant de constater (cf tableau n°1) que ces deux systèmes d'information (enquête et décisionnel) se différencient d'un point de vue de l'économie de l'information : le coût, la définition des objectifs, la nature et le statut des données. Du point de vue statistique, ils se prolongent : L. Lebart souligne dans [Lebart, 99] que la démarche "datamining" reprend à son compte les méthodes d'analyse de données multidimensionnelles dans le contexte actuel de la diffusion et de la banalisation de la puissance de calcul. Mais des changements de fond importants émergent dans le rapport à l'information. Ils sont essentiellement dus à l'accumulation et la surabondance des données : l'approche statistique décisionnelle est prévalante et entraîne le développement de l'approche statistique exploratoire ; les objectifs ne sont plus définis de la même façon et l'on va d'abord puiser l'information à partir de données, collectées de façon systématique voire automatique et présentes dans les bases de données qui sont partagées entre plusieurs utilisateurs.

Dans un deuxième temps, nous nous appuyerons, pour illustrer notre propos, sur le projet de mise en place d'un observatoire des pêches en Côte d'Ivoire. Nous étudierons, dans ce contexte, la pertinence, le sens et la faisabilité de considérer un observatoire comme un compromis entre systèmes d'enquêtes et systèmes d'information décisionnels. De par sa nature et le type de ressources étudiées (ressources fugitives, incertaines, soumises à une forte pression anthropique et à une

importante variabilité du milieu), un tel projet se situe à l'interface des relations nature-société. Il s'intéresse donc aux interactions multiples entre systèmes naturels et sociaux, et devrait contribuer à une meilleure compréhension des dynamiques et des usages des ressources halieutiques [Romagny & al., 99].

Depuis plusieurs années, l'activité de pêche dans la zone maritime en Côte d'Ivoire fait l'objet de suivis, mis en place par un ensemble de partenaires (Direction de l'Aquaculture et des Pêches, Institut National de la Statistique, CRO, IRD, etc.) fortement impliqués dans la collecte, le traitement et la validation des données, avec une volonté clairement exprimée d'améliorer la qualité des données collectées et leur valorisation. Ces suivis statistiques permettent de disposer aujourd'hui d'un grand nombre d'informations (captures par espèces et par type de pêche, efforts de pêche, prix pratiqués, caractéristiques des flottilles, importations et exportations de produits de la mer, etc.), pas toujours fiables et homogènes, mais qui ont le mérite d'exister. Cette " base " d'informations est fournie mais fragile compte tenu des protocoles de collecte différents d'un centre à l'autre [Fusco,99] et donc d'une " qualité " variable. Il est ainsi difficile d'avoir une vision globale de l'activité pêche et de son évolution au niveau national. Le principal objectif de l'Observatoire des pêches serait de coordonner et compléter l'action des différents organismes assurant actuellement le suivi de cette filière en valorisant les données disponibles et par la même les différents acteurs de ce suivi : professionnels, enquêteurs, scientifiques, etc [Morand, 96]. Cette valorisation pourrait se traduire par :

- le suivi de l'activité de pêche selon une méthode de traitement et d'analyse à définir puis à poursuivre, de façon à pouvoir apprécier l'évolution de la ressource, des captures, des caractéristiques des flottilles, de leurs activités, de leurs productions, etc. ;
- l'analyse statistique des informations collectées pour optimiser la collecte, le traitement et la validation des données ;
- la diffusion des informations auprès des décideurs de la filière sous une forme à la fois synthétique et lisible par tous (professionnels, services de l'État, collectivités, scientifiques, etc.) ;
- des échanges permanents entre l'Observatoire et toutes les structures intervenant sur le suivi de la pêche, indispensables pour une meilleure connaissance de cette filière et des ressources exploitées ;
- toutes autres actions nécessaires aux besoins des acteurs de cette filière et des organismes en charge de son suivi.

Nous proposons ainsi de développer et discuter, sur la base du tableau ci-dessous et en s'appuyant sur l'observatoire des pêches, de l'évolution et de la structure des observatoires en privilégiant les deux points de vue, économie de l'information et analyse statistique.

Tableau n°1 : *Mise en parallèle de différents modes de mobilisation de données*

	Système d'enquêtes	Observatoire	Système d'information décisionnel
protocole	modèle d'enquête : plan de sondage, descriptif de l'enquête	modèles d'utilisateur, méta-informations	méta-information, référentiel
mobilisation de données	données d'enquêtes : souvent sources uniques d'information dans les PED	relevés systématiques, enquêtes, fichiers administratifs, images satellites,	enregistrements automatiques
productions	base de données	SGBD, SIG	"datawarehouse"
	estimateurs	indicateurs, tableaux de bord	"datamart"
	tests, analyses descriptives, modèles statistiques	analyses exploratoires et confirmatoires, modèles mathématiques	"datamining, textmining"

WISEDL : UN MODELE DE PORTAIL POUR LES INFOTHEQUES SOCIO-ENVIRONNEMENTALES - LE CAS DE L'INFOTHEQUE SUR LE DELTA INTERIEUR DU NIGER

Patricia DZEAOU¹, Christian MULLON², Pierre MORAND³, Yveline PONCET¹

¹ : IRD ERMES - 5, rue du carbone - 45072 Orléans cedex 2

² : 19 av. Grande / 7700 Newlands - Afrique du Sud

³ : IRD - BP 84 – Bamako

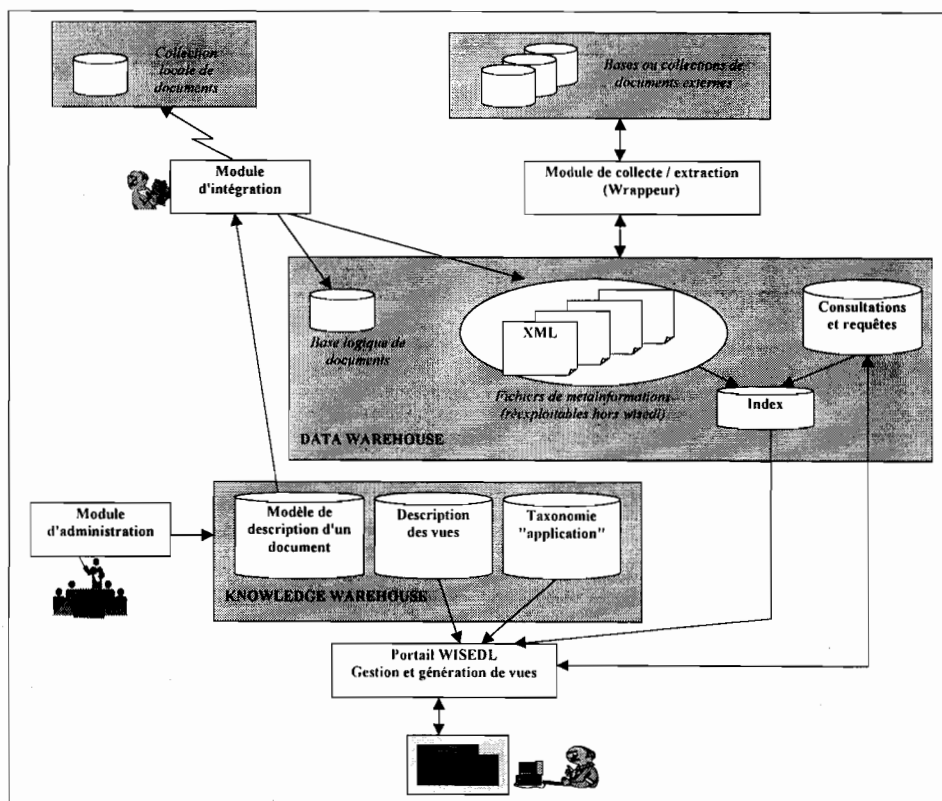
Pour les organisations (instituts de recherche, institutions internationales, bureaux d'études) qui produisent de façon régulière des informations sur les relations entre l'Homme et son environnement, la mise en ligne de leurs documents (articles, rapports, photos, graphiques statistiques, etc.) est une étape incontournable de leur stratégie de communication. La construction d'une infothèque - à la fois mémoire et bibliothèque - est une solution organisationnelle et opérationnelle durable. Les enjeux sont multiples. En amont, il s'agit de diminuer la rétention d'information, d'accélérer la diffusion des documents et de permettre un partage des connaissances. En aval, il s'agit de rendre accessibles les documents de manière intelligible pour les utilisateurs.

La diversité des documents, la nature non-exhaustive des contenus et l'ambiguïté du circuit de l'information dans le domaine socio-environnemental font des infothèques qui leur sont dédiées des systèmes aux contours flous pour l'utilisateur. Ces systèmes exigent une lisibilité qui recouvre à la fois les problèmes de désorientation lors de la recherche et le besoin en fonctionnalités d'exploration dédiées. A travers WISEDL, nous proposons une architecture de portail - sorte d'interface - dédiée à la diffusion de contenus socio-environnementaux.

L'architecture de WISEDL est articulée autour de trois principaux services :

- Un service d'intégration qui permet aux producteurs d'informations de faire référencer leurs documents et de fournir la (méta)information nécessaire à leur exploitation. Nous préconisons dans le contexte socio-environnemental, une description du document qui prend en compte tout son cycle de vie i.e. l'information sur les étapes qui précèdent la numérisation du document, sur son contenu et sur son utilisation au sein de l'infothèque.
- Une interface utilisateur paramétrable. Contrairement aux systèmes où l'utilisateur doit avoir une bonne connaissance de ce qu'il recherche et du fonctionnement du moteur de recherche, WISEDL guide l'utilisateur dans le processus d'exploration de l'infothèque. Un ensemble de vues lui sont proposées. Elles représentent chacune une projection de la collection de documents selon une dimension d'information particulière, pertinente pour l'exploration de la collection (quatre types de vues ont été définies : thématique, grégaire, spatiale et temporelle). Dans chaque vue, une carte de navigation permet d'effectuer des sélections qui réduisent la taille du portefeuille de documents. En utilisant l'ensemble des vues qui lui sont proposées, l'utilisateur construit progressivement un portefeuille de documents qui lui semble pertinent et a la possibilité d'en visualiser le contenu.
- Un service d'administration dont les fonctionnalités permettent de paramétrer l'interface et son fonctionnement. Ce qui fait de WISEDL un portail adaptable et évolutif.

Cette architecture est actuellement en cours d'implémentation et accessible sur le Web à l'adresse <http://www.orleans.ird.fr/WISEDL>. Cette infothèque intègre des documents textuels et des images résultant de recherches menées dans la région du delta intérieur du Niger.



Annexe : Architecture fonctionnelle de WISEDL

LA MODELISATION DE PROCESSUS AU SERVICE DES OBSERVATOIRES DE L'ENVIRONNEMENT

Aurélien SLODZIAN¹

¹ : Vrije Universiteit Brussels (VUB) - <aurelien.slodzian@vub.ac.be>

L'information environnementale est par nature riche et complexe. Vouloir capitaliser un tel savoir-faire implique de structurer fortement la connaissance. Pour ce faire, il existe des outils, des méthodes de modélisation. Le problème d'une restitution optimale de l'information devient alors crucial, c'est le problème du couplage entre la capitalisation de l'information et sa restitution. La modélisation des utilisateurs de l'observatoire et de leurs processus de décision est un moyen de synchroniser la restitution de l'information avec les processus décisionnels.

L'objectif de cet article est de présenter les principes de cette approche méthodologique de modélisation combinée.

Introduction

Le projet SIMES s'est attaché à l'identification d'indicateurs environnementaux pertinents et des paramètres nécessaires à les calculer. Ces indicateurs représentent une information synthétique. Ils sont la clef de la prise de décisions, que ce soit sur le terrain ou pour le long terme. Il va de soi que ces indicateurs demandent à être interprétés correctement et demandent de la part de leurs utilisateurs un certain bagage scientifique et/ou technique. Dans le contexte d'un observatoire de l'environnement, ces indicateurs doivent s'intégrer dans un cadre conceptuel général cohérent et compatible avec les modèles propres aux différentes catégories d'intervenants. Ces indicateurs, comme le reste de l'information mise à disposition, sont intimement liés à des classes de décisions, c'est à dire aux types de questions qu'ils permettent de trancher. Il est donc crucial que ce lien soit maintenu lors de la restitution de l'information aux utilisateurs. Dans ce contexte, deux concepts forment la clef de voûte d'une approche rationnelle et systématique : modèles cognitifs et modèles de processus.

Modèles cognitifs

La construction d'un modèle du domaine vise à établir une carte conceptuelle du domaine - c'est à dire la liste des concepts du domaine, leur définition et la spécification de leurs relations. La référence qu'un tel modèle constitue permet de garantir la cohérence conceptuelle tout au long du cycle de réalisation d'un système d'information:

- * pour proposer aux concepteurs et aux utilisateurs, une base conceptuelle minimale commune
- * pour rendre explicite la sémantique des indicateurs
- * pour garantir la cohérence conceptuelle des observatoires aux différents niveaux de consultation
- * pour mettre en place des supports de formation ou d'aide en ligne
- * pour expliciter les prérequis nécessaires à la compréhension des indicateurs

Une des méthodes possibles pour atteindre ces objectifs est la formalisation des concepts du domaine et de leurs relations sous une forme dite "ontologique". Cette représentation, à mi-chemin entre un modèle purement logique et une représentation informatique, procure les avantages des approches formelles tout en restant opérationnelle. Elle n'impose pas a priori de contraintes d'implémentation, car elle vise à un générer les structures de données et les algorithmes abstraits plutôt que le système informatique lui-même.

L'approche ontologique - tant qu'elle reste dans son domaine de validité (c'est à dire la modélisation de portions de domaines scientifiques) - répond aux objectifs d'homogénéisation énoncés.

Modèles de processus

Cependant, les recherches dans le domaine de la modélisation ont mis en évidence qu'il n'est pas possible de dissocier la conception d'un modèle - ou d'une ontologie en l'occurrence - de son utilisation ultérieure. Cela s'applique aussi bien aux observatoires, en tant que ressources d'information : il n'est pas cohérent de concevoir la structure de l'information sans se soucier de l'utilisation de cette information. En effet le chercheur, le décideur, l'ingénieur, ne vont pas utiliser les ressources cognitives mises à leur disposition si le processus de récupération de l'information partagée ne s'intègre pas dans leurs processus de réflexion. Aussi nous proposons de modéliser les tâches et activités des utilisateurs afin de contextualiser la restitution de l'information.

Dans un tel modèle, les unités d'information, de connaissance, sont reliées aux modèles des activités des utilisateurs de façon à déterminer le "flux cognitif". Cela fournit au système informatique la clef de la restitution de l'information : en fonction de l'activité identifiée de l'utilisateur identifié, il proposera l'accès à l'information pertinente.

C'est cette contextualisation qui, garantissant que l'information utile parviendra à la personne au moment où cela fait sens, transforme l'information en connaissance, et nous fait réellement passer - en quelque sorte - des bases de données aux bases de connaissances.

LE JEU DE ROLES COMME OUTIL DE PRESENTATION D'UN SYSTEME MULTI-AGENT.**Olivier BARRETEAU¹, François Bousquet²**¹ : Cemagref UR irrigation, barreteau@montpellier.cemagref.fr² : Cirad Tera, bousquet@cirad.fr

L'utilisation de Systèmes multi-agents pour représenter des systèmes impliquant des ressources renouvelables est de plus en plus fréquente (Bousquet, et al., 1999). Plusieurs travaux de recherche utilisent des écosystèmes artificiels pour aider à la compréhension des systèmes réels.

Si de tels outils sont effectivement intéressants dans cette perspective, le retour au réel pose cependant des questions que ce soit dans un but de validation de la représentation ou de communication auprès des acteurs concernés.

Dans les deux cas il est nécessaire de présenter le contenu du SMA à des acteurs afin qu'ils puissent en discuter la pertinence pour représenter le système réel dans lequel ils vivent. La question est alors comment éviter l'aspect boîte noire du modèle dans cette présentation ?

La voie que nous abordons actuellement et qui est présentée dans cette communication repose sur l'usage de jeux de rôles. Nous présentons ensuite son application sur une expérience réalisée sur les modes de coordination dans les systèmes irrigués de la moyenne vallée du Fleuve Sénégal.

Jeu et SMA sont complémentaires : le SMA apporte au jeu une capacité d'explorer des scénarios et de contrôler les paramètres de réalisation (Piveteau, 1995), le jeu permet d'explicitier la dynamique du modèle. Les deux peuvent être utilisés avec le même objectif de mise en commun d'une représentation d'un système donné, de partage d'une information sur celui-ci, étape nécessaire dans un processus de négociation (Boltanski and Thévenot, 1991). Enfin l'économie expérimentale nous fournit des exemples de jeux de rôles permettant de tester les hypothèses de modèles, quelle que soit leur forme (Ostrom, et al., 1994).

La conception du jeu à partir du SMA et son organisation demandent la mise au point d'une méthodologie particulière. Dans l'expérience sur les systèmes irrigués au Sénégal, à partir d'un SMA réalisé dans une perspective de recherche (Barreteau and Bousquet, 2000), une phase de réduction et de simplification a été nécessaire pour rendre le jeu « jouable » : nombre de joueurs, représentation du temps, règles retenues. Cette simplification a été faite afin de représenter les processus paraissant les plus importants dans les simulations et en concertation avec un groupe de joueurs tests, animateurs d'une fédération d'association villageoise et paysans.

La mise en œuvre du jeu sur le terrain a montré qu'il constitue un bon déclencheur de discussions sur les systèmes réels et qu'il permet de valider en partie la représentation contenue dans le modèle (Barreteau, et al., 2000). Il a aussi amené la création d'une deuxième version du modèle permettant de simuler des scénarios semblables à ceux du jeu et de susciter des discussions à leur sujet.

La prochaine étape de ce travail concerne la diffusion du jeu auprès d'un réseau d'animateurs locaux et le suivi des conséquences de cette diffusion sur le jeu et le modèle d'une part et sur les systèmes réels d'autre part.

MODELISATION ET GESTION INTEGREE DES AXES HYDRAULIQUES DANS LE DELTA DU FLEUVE SENEGAL

Adama GADIAGA¹, Soussou SAMBOU²

¹ : Hydrogéologue, Cabinet d'étude Tropis-environnement.

² : Université Cheikh Anta DIOP, Faculté des Sciences et Technique, Département de Physique, Laboratoire d'hydraulique. Dakar / Sénégal

Le Lampsar, le Gorom, le Djeuss, le Kassak, le N'Galam, le canal du Crocodile, ainsi que le Djoudj qui alimente le Parc aux oiseaux du même nom, tous défluent du fleuve Sénégal situés dans son Delta (latitudes 10°20' et 16°23' nord, longitude 16°04' et 16°20') sont les principaux axes hydrauliques de la zone délimitée par le Fleuve (rive gauche) et la route nationale n°2. Cette zone très peuplée a toujours fait l'objet d'une intense activité agricole, dans laquelle se côtoient différents systèmes d'exploitations (grands périmètres faisant l'objet d'un aménagement hydraulique, périmètres villageois de type simple, et unités autonomes d'irrigation gérées par des particuliers, élevage traditionnel en particulier aux environs de la zone du parc de Djoudj). Ce système est rendu complexe par les dépressions, les aménagements hydro-agricoles et les ouvrages hydrauliques.

La sécheresse observée en Afrique sahélienne dès 1968 a provoqué un déficit pluviométrique important, et une remontée saline qui ont bouleversé l'environnement naturel de cette zone et menacé les activités agricoles. Pour y remédier entre autres, le barrage de Diama a été construit, avec comme objectifs protéger les terres de la vallée du Fleuve Sénégal contre la remontée de la langue salée, stocker de l'eau pour l'agriculture, assurer la navigation et l'alimentation en eau du bétail et des populations. En maintenant les eaux en amont à un niveau constant de 1m80 IGN (et à terme, à plus de 2,4 m IGN) (accentué par les lâchés subites à Manantali) ce barrage permet d'une part d'accroître la mise en valeur des surfaces cultivables par irrigation d'autre part d'améliorer les conditions de remplissage des réservoirs d'eau secondaire et des axes hydrauliques (en particulier l'axe Gorom-Lampsar pour l'alimentation en eau de la ville de Saint Louis). Un autre effet induit par le barrage est le redéploiement de la pêche.

Une harmonisation entre les contraintes de gestion du système de barrages Manantali -Diama d'une part, et le fonctionnement des axes hydrauliques qui alimentent la zone d'étude pour protéger aussi bien les populations que les périmètres irrigués villageois contre les inondations qui se sont déjà produites (1994, 1998, 1999), est nécessaire en vue d'une maîtrise totale de la ressource en eau.

Dans cette communication nous allons décrire d'abord le fonctionnement hydraulique du système fleuve Sénégal- axes hydrauliques qui constituent des zones d'écoulement privilégié vers lesquelles convergent les eaux du fleuve et à partir desquels se font l'irrigation et l'alimentation en eau des hommes et du bétail. Cette étude constitue une base primordiale pour assurer une répartition pérenne entre les différents utilisateurs, et la prévision contre les inondations provoquées par les excès. L'objectif final est la mise sur pied d'un outil pluridisciplinaire de gestion et de contrôle des ressources tenant compte des contraintes et basé sur un certain nombre de résultats et d'expériences.

MISE AU POINT D'UNE METHODE DE CONSTRUCTION D'UN MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN A PARTIR D'INFORMATIONS INDIRECTES : LE CAS DU DELTA CENTRAL DU NIGER

Mahamane DJOUDOU¹, Jérôme MARIE²

¹ : DEA "Géographie et pratique du développement" - Université de PARIS X

² : Laboratoire CNRS SIS-CEIAS UMR 8564

Centre de compétence thématique : Modélisation, analyse spatiale, SIG. - 54 Bd Raspail - 75006 PARIS

Au Mali, comme dans les autres Pays du Sahel, la maîtrise de l'eau est un facteur de développement économique de première importance. Le Delta intérieur du Niger constitue à ce titre un potentiel de richesse considérable, les crues conditionnant directement les productions végétales et le partage des ressources par les populations.

Un modèle stochastique des productions végétales appuyé sur la répartition des crues en classes (faibles, moyennes, fortes), existe déjà (SIG "hommes, milieux et conflits fonciers dans le Delta central du Niger"). Cependant une simulation plus précise, cuvette par cuvette, de l'évolution des productions végétales selon le déroulement réel de la crue annuelle (dates de montée et de retrait des eaux, hauteurs de l'eau, vitesses de montée et de retrait de la crue) constituerait une amélioration du modèle précédent. Elle aurait en outre une valeur prédictive. Le projet GIHREX ayant mis au point un modèle hydrologique, une des solutions possibles pour réaliser un modèle déterministe et prédictif des productions végétales (pâturages et riziculture inondée) consisterait à réaliser un modèle de la circulation de l'eau en trois dimensions pour le Delta central du Niger.

Cette circulation peut être facilement simulée à l'aide du logiciel Arc Info incluant la modélisation hydrologique. Il est cependant nécessaire de construire au préalable un Modèle Numérique de Terrain représentant, aussi fidèlement que possible, les principales cuvettes du Delta intérieur du Niger. Un MNT se calcule classiquement à l'aide d'un semis de points irréguliers judicieusement placés - obtenu, le plus souvent, à partir des courbes de niveau représentées sur une carte topographique - à partir desquels une triangulation irrégulière est calculée selon la méthode de Delaunay. Dans le Delta intérieur, la faiblesse des pentes (quelques mètres sur la totalité de la cuvette) ne permet pas d'utiliser cette méthode, en raison de la quasi absence de courbes de niveaux sur les cartes IGN. Il existe, certes, un réseau de points cotés très précis et localement très dense réalisé par l'IGN pour la mise au point du Modèle Mathématique du fleuve Niger, mais il ne couvre pas tout le Delta et n'est exploitable que localement. Nous proposons donc, pour réaliser ce M.N.T, de nous appuyer sur la base de données spatiales des formations végétales mise au point dans le SIG "hommes milieux et conflits fonciers dans le Delta central du Niger", complétée par celle du réseau hydrographique et par le réseau de points cotés IGN, chaque fois que cela sera possible. Le recours à cette base de données se justifie par le fait que les formations sont strictement attachées à des niveaux d'eau connus calés par rapport aux échelles de crue. Un MNT expérimental sera réalisé sur une région limitée du Delta afin de définir les procédures (recalage des données, choix des formations végétales significatives, algorithme de calcul). Le choix de la région s'est porté sur une surface de 120 km² entourant la mare de Batamani. Le projet GIHREX disposant d'un MNT précis de cette zone obtenu par relevés topographiques, il sera possible de comparer et de valider le MNT réalisé par calcul à partir des formations végétales avec les relevés topographiques effectués par GIHREX. L'étape suivante consistera à prévoir les algorithmes permettant d'étendre le MNT à l'ensemble du Delta et les procédures de validation du modèle obtenu (série de sites-tests et suivi de l'inondation par télédétection satellitaire comparée avec des simulations de l'inondation réalisées à l'aide du logiciel Arc info).

UTILISATION DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE POUR L'AIDE A LA PRISE DE DECISION DANS LA GESTION ET L'UTILISATION DURABLE DES RESSOURCES NATURELLES DES AIRES PROTEGEES. EXEMPLE DU PARC NATIONAL DU DIAWLING (MAURITANIE).

Cheikh Hamallah DIAGANA¹, Olivier HAMERLYNCK²

¹ : Chargé de programme, Programme de Conservation des Zones Humides mauritaniennes, UICN-Mauritanie, BP 4167 Nouakchott – Mauritanie, Tél/fax. ++ 222 25 12 76, Email: uicn-diagana@mr.refer.org

² : Conseiller Technique Programme Zones Humides, UICN Mali, BP 1567, Bamako, Mali ; Email : miromao@hotmail.com

La dégradation des ressources naturelles des zones humides est au cœur de toutes les préoccupations en matière de développement durable. Ces hydrosystèmes fragiles reconnus parmi les écosystèmes les plus riches et les plus productifs de la planète, sont pourtant sujets à de perpétuels changements à la fois naturels et anthropiques.

Les gestionnaires du territoire ne possèdent pas toujours les outils adaptés pour amoindrir les dégradations de ces zones humides. D'où la nécessité de considérer de nouveaux outils qui soient en mesure de fournir l'information nécessaire et qui soient également prompts à aider à la prise de décision dans l'aménagement et la gestion des ressources naturelles. L'avènement de l'informatique dans les recherches scientifiques et techniques a permis de développer des outils capables d'aider à cette prise de décision. Parmi ces techniques, les Systèmes d'Information Géographique constituent des outils de gestion appropriés au carrefour de plusieurs disciplines scientifiques.

La démonstration effectuée au niveau des zones humides mauritaniennes, précisément sur les ressources fauniques et floristiques du Parc National du Diawling (Mauritanie), a prouvé que les bases de données à référence spatiale peuvent être utilisées pour la gestion et l'utilisation durable des ressources naturelles.

Au niveau des peuplements aviaires, l'utilisation des SIG a permis de suivre le comportement de quelques espèces caractéristiques du bas-delta. Il est apparu que la distribution du flamant nain (*Phoenicopterus minor*), espèce clé du parc, est fonction de la salinité et de la productivité biologique du milieu. Par la suite une corrélation effectuée entre cette distribution et les paramètres de base a montré que la répartition géographique de cette espèce est manifestement fonction de la fluctuation de la salinité et de la hauteur de l'eau. Les fortes concentrations des peuplements sont observées dans des zones à forte salinité et à faible hauteur d'eau. Cette analyse permet aux gestionnaires du parc d'affiner la gestion hydrologique en vue de favoriser une présence massive de ces peuplements dans les sites potentiels de reproduction.

Au niveau de la végétation caractéristique du bas delta, les SIG ont été utilisés pour un suivi diachronique des différentes formations, cela a permis de calculer les superficies et d'apprécier l'ampleur de la dégradation des écosystèmes. Il est apparu que les formations de mangroves et les plaines de *Sporobolus robustus* et *d'Acacia nilotica* ont subi une dégradation massive d'au moins 80% de leur superficie d'avant barrage. La mise en commun des facteurs édaphiques, biotiques et des caractéristiques écologiques a permis d'identifier des espaces cibles de restauration pour les principales unités floristiques du bas delta.

L'application des SIG dans la gestion et l'utilisation durable des zones humides pourrait s'avérer très bénéfique. Les SIG permettent de spatialiser l'information existante. Leur application pour la gestion et l'utilisation durable des zones humides pourrait s'avérer efficace pour l'intégration, le stockage et le traitement des données complexes. Elle permet ainsi aux gestionnaires de prendre des décisions pertinentes et d'entreprendre des actions efficaces en vue d'un développement durable et d'une utilisation rationnelle des ressources naturelles du territoire. Cependant cet outil ne permettrait

de mener à bon escient cette tâche de planification écologique tant pour l'aménagement du territoire que de la gestion des écosystèmes que lorsque les données sont disponibles, faciles d'accès et jouissent d'une mise à jour régulière, sans quoi on risquerait de créer des attentes démesurément exagérées.

SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE SUR LES MARES ET LEUR ENVIRONNEMENT DANS LE DELTA CENTRAL DU NIGER

Ousmane Alpha DIALLO¹

¹ : PRH / Mopti – CRRRA – BP 47 Mopti

La réalisation d'un SIG sur les mares résulte de l'étude par télédétection des mares et leur environnement. Cette technique d'étude est effectuée conjointement avec les enquêtes de terrain pour caractériser les états de surface dans les mares et leur environnement et fournir des connaissances nécessaires à la compréhension de leur fonctionnement. Comme les états de surface changent d'aspects au cours de l'année ou d'une année à l'autre, la répétitivité de la méthode permet de comprendre aussi le fonctionnement dynamique des états de surface concernés.

Les données recueillies sont rassemblées sur un fonds cartographique commun pour constituer des couches d'informations dans une base de données géoréférencées. La manipulation de ces couches entre elles aboutit à la restitution de modèles cartographiques de gestion pour une meilleure utilisation des mares.

DU PROJET GIHREX A LA ZONE ATELIER DU DELTA INTERIEUR DU NIGER : UNITE DE GESTION, MODELISATION INTEGREE ET OBSERVATOIRE

Didier ORANGE¹

¹ : Projet GIHREX, IRD Bamako - BP 84

Les hydrosystèmes ont une fonction socio-économique centrale car ils sont le lieu commun de nombreuses activités et services concurrents. Il faut donc apprendre à les gérer. Sans cela, l'eau et les ressources de l'hydrosystème seront de plus en plus l'objet de conflits d'usages. Mais, mettre en place une gestion durable des grands hydrosystèmes constitue un défi scientifique, technologique et politique majeur, auquel le projet GIHREX s'est proposé de réfléchir en s'associant à la constitution d'une Zone Atelier du Delta Intérieur du Niger (concept développé par le GIP-Hydrosystème, INSU, Paris).

Afin de faciliter cette prise de conscience commune pour le partage d'une ressource trop convoitée et la nécessité d'agir ensemble pour son exploitation rationnelle, l'objet hydrologique géographique constitué par le bassin versant est une opportunité. Ainsi, le delta intérieur du Niger représente un cadre stratégique éco-biophysique et socio-économique particulièrement favorable pour y développer des réflexions et recherches novatrices, qui contribueront d'une part, à la maîtrise de l'information utile vers une gestion durable des ressources naturelles, et d'autre part, à la reconnaissance du delta intérieur comme une unité de gestion intégrée.

La modélisation intégrée et les structures de type observatoire sont des concepts et outils efficaces pour réaliser le renforcement de la coopération en matière d'échange et d'élaboration de l'information environnementale entre chercheurs, décideurs et acteurs.

La modélisation intégrée a pour objectif majeur de représenter des relations spatiales et temporelles entre les différents niveaux d'organisation d'un système complexe, ici l'écosystème naturel du delta intérieur du Niger. Elle permet d'une part, d'anticiper les dynamiques des systèmes étudiés, afin, par exemple, de contrôler les impacts d'une politique de gestion (simulation), puis d'autre part, d'impliquer les différents acteurs et en particulier d'emporter la conviction des décideurs (stratégie et décision). Elle apparaît donc être un outil propice à la traduction de la recherche en actions de développement par la nécessaire mise en cohérence des priorités et des thèmes d'intérêt commun qu'elle implique. Elle agit comme une plate-forme stimulant l'approche participative et permettant de renforcer la dynamique de recherche, de mobiliser les communautés concernées, d'orienter les politiques et d'intégrer les actions.

Enfin, la modélisation intégrée est associée à une super-structure désignée sous le nom d'observatoire, qui réunit à la fois : une base de connaissance, un système d'information, l'outil de modélisation intégrée et une interface intelligente produisant des indicateurs répondant aux demandes des clients. Ce travail de construction de l'observatoire ne peut être qu'un travail progressif de convergence en vue de la constitution d'une couche fédérale commune, associant simultanément des opérations de recherche thématiques environnementales et des actions de développement d'outils de gestion intégrée.

Ainsi, cette approche originale couplant recherches thématiques, modélisation intégrée et observatoire permet la constitution d'une plate-forme d'échanges permettant d'assurer l'accès de tous (producteurs, décideurs, chercheurs) à l'information, de faciliter les échanges pour la formulation des besoins, de définir les indicateurs pertinents afin de répondre aux attentes des acteurs du développement par rapport aux contributions de la recherche, et en final de vérifier l'adéquation entre les attentes des acteurs et les contributions potentielles de la recherche par la modélisation de scénarios (vers la validation des outils d'aide à la décision).

PROJET SIMES : SYSTEME D'INFORMATION MULTIMEDIA POUR L'ENVIRONNEMENT SUB-SAHARIEN

Olivier MONGA¹

¹ : Project Manager, INRIA, BP 105, F-78153 Le Chesnay Cedex, France

E-mail: Olivier.Monga@inria.fr

TARGET MARKETS:

The Information System that will be developed will be put freely at the disposal of all concerned Institutions (see exploitation plan). No commercial use will be done of this first release. It will be used by Environmental and socio-economic observatories.

TECHNOLOGIES:

Data bases (object oriented or relational data base management systems), Information Processing (Computer Vision, Statistical models), knowledge representation techniques (Artificial Intelligence, Multi-Agents systems), Network management and Web servers (Multimedia knowledge bases, Web mirror).

EXPLOITABLE RESULTS:

The result of the project will be a generic information system adapted to environmental and socio-economic observatories in sub-Saharan Africa and two pilot applications of this system :

Monitoring systems for continental fisheries (Mali) and hydro-climatic observatory (Senegal).

In a first step the generic system (SIMES) will be installed in ESP (Dakar), ESI (Burkina Faso) and Dschang University (Cameroon), and accessible via Internet by all partners in Africa, as well as the Center for Ecological Surveillance (Dakar), CIRAD centers (Dakar, Abidjan, Ouagadougou), and CILSS (Bamako).

In a second step the system will be put at the disposal of other users via Internet principally the partners of AFRICAGIS program. The two first pilot applicative systems will be made accessible on Internet to a list of persons chosen by the Institutions respectively concerned by these systems. The use of these new tools within the observatories should provide the authorities with better information (accuracy, relevance, updating...).

ANTICIPATED OR DEMONSTRATED BENEFITS:

In our opinion, most of the problems faced by the observatories come mainly from an insufficient communication between researchers of various fields and between data providers and data users. SIMES will greatly enhance this communication.

In the exploitation phase, a particular focus will be put on the establishment of a methodology and training program for the setting up and operation of observatories of the dynamic and use of natural resources .

APPLICATION AND ASSESSMENT OF RESULTS:

Besides the implementation of the generic system, two specific pilot operations will be carried out : Fishing monitoring observatory in the central delta of the Niger river (Mopti region, Mali)

Hydro-climatic observatory of the Senegal river region (Saint Louis, Senegal).

The outcome of the first pilot operation will be to contribute to the allocation of fishing areas and to the definition of fishing gears schedule for the fishing communities of the region. The outcome of the second pilot operation will be to contribute to development planning in the river Senegal valley.

The main measurable training outcome of the project will be the theses (8-12) passed by students in the frame of SIMES. Regular meetings will be held and progress reports produced every six months along with demonstrations for each workpackage. Several indicators will be used throughout the project to assess its progress, among which the relevance of the selected environmental and socio-economic indicators and the relevance of the selected tools and algorithms for the indicators monitoring.

INNOVATIVE ASPECTS:

We will adapt the most recent and sophisticated Information System tools to the specific environment problems of the African subsaharian countries in order to provide an operational system. Such a system does not yet exist. The innovation will therefore rely mainly upon the applicative purpose of the project.

MERGUSIG : UN SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE COMME AIDE A LA GESTION INTEGREE DE L'EAU EN TUNISIE CENTRALE

Luc LEBRETON¹, Roger CALVEZ¹, Patrick LE GOULVEN¹

¹ : Hydrologie, IRD Mission Tunis, BP 434, Tunis, Tunisie

La plaine de Kairouan est un système irrigué complexe caractérisé par de multiples usages prélevant l'eau dans un vaste aquifère. La variation spatio-temporelle de la ressource souterraine est fortement conditionnée par le remplissage aléatoire du barrage El Haouareb qui recharge de manière inégale la nappe à laquelle il est connecté.

En aval du barrage, les prélèvements se font à partir de puits privés ou par l'intermédiaire de forages qui alimentent des structures collectives d'irrigation. Durant ces 2 dernières décennies, les puits se sont multipliés et approfondis grâce aux nouvelles techniques de sondage, à la baisse du coût des pompes, à la régularisation de la ressource provoquée par la construction du barrage et à la mise en place de cultures rentables absorbées par le marché national et touristique. Ces prélèvements provoquent une baisse des niveaux piézométriques. Il y a donc une forte interaction entre demandes et ressources en eau.

Pour faciliter la compréhension de ce système complexe, *MERGUSIG* couple, de manière interactive, un Système de Gestion de Base de Données Relationnelle (S.G.B.D.R.) à un Système d'Information Géographique (S.I.G.). L'exploitation agricole ayant été prise comme base de modélisation, la parcelle est retenue comme la plus petite entité du système.

Le S.G.B.D.R. (Microsoft Access) permet une approche systémique et temporelle du fonctionnement de la zone pilote en formalisant les relations entre ressources, puits et sondages, exhaures, parcelles, valorisation agricole, et usagers.

La base cartographique de *MERGUSIG* (gérée par ArcView) représente, à diverses échelles spatiales, les ressources (modèles numériques de terrain et de nappes, stations de surveillance du niveau d'eau, couches pédologiques...) et les usages de l'eau (points de prélèvement d'eau, profondeurs d'exhaure, parcellaire, périmètres irrigués, assolements et distribution d'eau à la parcelle...).

S'il a une vocation expérimentale, *MERGUSIG* s'adresse également au gestionnaire du système irrigué. C'est pourquoi, des simulations sont proposées pour l'aider dans la prise de décision.

Les conférences

CONSERVATION DES ZONES HUMIDES TROPICALES : UNE PERSPECTIVE INTERNATIONALE

Jean-Yves PIROT¹, Ibrahim THIAW²

¹ : Coordinateur, Programme de Conservation des Zones Humides et des Ressources en Eau, UICN, Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Suisse (jyp@iucn.org)

² : Représentant Régional pour l'Afrique de l'Ouest, UICN, 01 BP 1618, Ouagadougou, Burkina Faso (iucnbrao@fasonet.bf)

Au cours du XX^{ème} siècle, plus de la moitié des zones humides mondiales a disparu et, à l'heure actuelle, un quart des 3.500 espèces menacées au niveau international sont des poissons et des amphibiens. Ceci est dû à l'accroissement des besoins d'une population mondiale en expansion qui a conduit les acteurs du développement à entreprendre de vastes opérations de drainage des zones humides. Bien que de nombreux pays acceptent maintenant le principe de la gestion rationnelle des zones humides et entreprennent des actions de restauration, les plus récentes prédictions indiquent qu'à l'horizon 2025 la consommation des ressources en eau aura augmenté de 50% dans les pays en voie de développement (contre 18% dans les pays développés).

En Afrique, cette augmentation est évaluée à 54% (soit 337 km³/an - dont la moitié pour l'agriculture) et on prévoit une augmentation des surfaces irriguées d'environ 20% (avec les impacts que l'on sait sur la salinisation des sols et la pollution des milieux aquatiques), alors que les impacts supposés du changement de climat (réduction des précipitations et augmentation concomitante de leur variabilité) conduiront à une raréfaction grandissante des ressources en eau et des zones humides. Il est donc urgent de renforcer les actions qui visent à la durabilité de l'exploitation des écosystèmes aquatiques.

Les récents progrès enregistrés pour la conservation des zones humides tropicales relèvent principalement de programmes dont les caractéristiques génériques sont les suivantes :

- Analyses et recherches sur les valeurs écologiques, économiques et sociales des zones humides, pour permettre une comparaison objective des diverses options de gestion, y compris les aménagements requérant d'importants investissements en matières d'infrastructures.
- Mise en place d'un programme national pour la gestion améliorée et la restauration des milieux aquatiques (dont l'intérêt ne semble plus faire de doute, car plus de 60 pays ont aujourd'hui entrepris de tels programmes), qui inclut en outre une revue des politiques d'aménagement du territoire et des ressources naturelles.
- Définition et mise en oeuvre de programmes de gestion privilégiant officiellement les principes de la gestion intégrée des zones humides (voire des écosystèmes connexes), qui commencent à être mieux connus et testés en vraie grandeur sur le terrain. Ces programmes fonctionnent de manière pluridisciplinaire, inter-sectorielle et participative pour permettre d'aboutir à une exploitation des zones humides qui soit écologiquement durable et socialement équitable.
- Enfin, utilisation des préceptes, lignes directrices etc. des instruments internationaux à valeur légale, telles que les conventions environnementales (Convention sur la Diversité Biologique, Convention sur les Zones Humides – Ramsar, Convention sur la Désertification, etc.), qui sont responsables d'un changement profond des approches et des politiques gouvernementales pour la mise en valeur des ressources naturelles.

Face à la crise mondiale de l'eau, il importe de renforcer les actions de conservation entreprises au cours des 20 dernières années. L'exposé donnera des exemples d'actions pratiques entreprises au titre de certains programmes de gestion ou de restauration des zones humides tropicales. Des informations détaillées sur les priorités de l'UICN dans le domaine de la conservation des ressources en eau seront également fournies.

ASPECTS DE LA PRODUCTION ET DU FONCTIONNEMENT ECOLOGIQUE DES ZONES HUMIDES TROPICALES. L'EXEMPLE DU BASSIN TCHADIEN.**Jacques LEMOALLE¹**¹ : Gamet- IRD BP 5045 34032 Montpellier cedexJacques.Lemoalle@mpl.ird.fr

Le fonctionnement écologique d'une zone inondable dépend principalement de son régime hydrique. En fonction de l'amplitude et de la saisonnalité des événements hydrologiques, des espèces, des compartiments ou des fonctions biologiques sont favorisés par rapport à d'autres, ce qui se traduit par des peuplements et des productions variables. Les processus en jeu sont communs à la plupart des zones inondables. C'est de l'intensité relative de ces processus que résultent l'état ou le fonctionnement global d'un système particulier.

Des observations faites sur le système fluvio-lacustre du Lac Tchad lors de la transition climatique du début des années 1970 sont présentées. Elles sont analysées ici du point de vue de quelques interactions réciproques entre conditions de milieu et compartiments biologiques (phytoplancton, macrophytes, poissons).

**AGRICULTURE IRRIGUEE, SYSTEME DE CULTURE ET D'ELEVAGE, FILIERES
AGRIcoles, GESTION DES PERIMETRES IRRIGUES, AMENAGEMENT DE L'ESPACE,
METHODES ET OUTILS DE RECHERCHE-DEVELOPPEMENT**

Guy FAURE¹

¹ : CIRAD - TERA / BP 5035 - Montpellier cedex 1 - France
guy.faure@cirad.fr

MODELISATION DE LA GESTION DES RESSOURCES NATURELLES ET RENOUELABLES**François BOUSQUET¹**¹ : Cirad-Tera Ere - TA 60/15 - 73 Av. J.F. Breton 34398 Montpellier Cedex 5

Dans le cadre des recherches environnementales plusieurs disciplines portent des points de vue différents sur la gestion des ressources naturelles et renouvelables. Le premier point de vue est celui des écologistes, le second appartient aux sciences sociales. Depuis de nombreuses années les recherches interdisciplinaires ont permis de construire des représentations qui s'éloignent de « l'écosystème soumis à des perturbations anthropiques », cadre conceptuel schématisé des sciences de la nature et du « système économique soumis à une variabilité naturelle », caricature équivalente de la vision des sciences sociales et économiques. Cependant il existe différentes démarches de modélisation correspondant à différentes approches. Les communications présentées dans la session 3 de cette conférence font clairement le point sur les modèles bio-physiques et sur l'usage des systèmes d'information. Plutôt que de proposer une classification englobante nous tenterons ici d'apporter une expérience complémentaire. Cette présentation est constituée de deux parties.

Sans prétendre à l'exhaustivité, nous présentons des modèles utilisés dans le champs des sciences sociales. La revue prendra comme structure les modèles classiquement développés dans deux associations de recherches, l'International Association for the Study of Common Property (IASCP) et l'International Society of Ecological Economics (ISEE). Ces associations se sont orientées, pour la première vers la recherche sur la gestion des biens communs et plus particulièrement les ressources naturelles, et pour la seconde sur la recherche d'une formalisation intégratrice du système écologique dans la pensée économique.

Dans le premier cas les travaux les plus originaux sur le thème utilisent la méthode de la théorie des jeux. En effet, les modélisateurs vont s'intéresser à l'interaction entre des stratégies d'acteurs. Etant donnée une ressource ou un bien commun qu'une collectivité de joueurs va utiliser quelles vont être les stratégies optimales pour chaque joueur, dans un contexte de coopération ou de non coopération ? Pour les auteurs la structure des jeux sert comme un premier pas dans l'organisation des données sur les comportements de gestion des ressources. Ces classifications servent de référence pour des analyses sur la stratégies et organisations observées dans des cas de gestion de pêcheries, bassins versants, forêts.

Dans le deuxième cas les modélisations systémiques qui représentent la dynamique à travers des relations stocks-flux ont été très utilisées car elles permettent de standardiser les valeurs écologiques et économiques et ainsi les intégrer dans un système de flux. Ces méthodes proposent un cadre intégrateur d'où n'est pas absente la question de la valorisation. La recherche d'une unité commune aux sous-systèmes écologiques et sociaux est effectuée par le truchement d'une transformité énergétique et/ou monétaire.

Nous proposons ensuite de présenter l'état de nos recherches, menée en collaboration avec divers collègues, sur la modélisation que nous qualifions d'accompagnement. Nous présenterons la méthode des simulations multi-agents et l'usage que nous proposons dans le cadre d'opérations de recherche interdisciplinaires ou dans le cadre d'organisation de discussions avec les différents acteurs impliqués dans un problème de négociation ou de coordination pour l'usage des ressources.

Table ronde

Vers un observatoire environnemental pour le delta intérieur du Niger

Coordinateur : Didier Orange (GIHREX, IRD, Bamako)

Médiateur : Jacques Weber (IRD)

TEXTE DE CADRAGE DE LA TABLE RONDE :
VERS UN OBSERVATOIRE ENVIRONNEMENTAL POUR LE DELTA INTERIEUR DU NIGER

Didier ORANGE¹

¹ : IRD Bamako – BP 84

Dans cette dernière étape du séminaire, il s'agit de se tourner vers l'action. Comment impliquer la recherche dans la mise en place d'une structure opérationnelle d'observatoire ? L'association en temps réel d'actions de développement avec les opérations de recherche peut permettre la réalisation d'une telle ambition.

Aussi, dans le cas particulier du delta intérieur du Niger, c'est à partir des exemples de fonctionnement du réseau ROSELT, de l'Office du Niger ou de la définition politique des objectifs de l'Agence de bassin du Niger au Mali, qu'on propose de s'interroger sur les strictes conditions nécessaires et suffisantes pour l'amorce d'une boucle d'utilisation de l'information environnementale, seule garantie de durabilité d'un processus d'observatoire.

Créer la demande, contraindre les réponses, impliquer les acteurs, fournir de l'information demandée, autant de fonctions que devra assurer la plate-forme d'un observatoire environnemental du delta intérieur du Niger, tourné vers la gestion intégrée des ressources naturelles.

Pour mémoire, on citera les contraintes suivantes, en sachant que cette liste n'est sûrement pas exhaustive :

- Partir de l'information existante et d'études de cas pour produire des recommandations qui prennent en compte les contributions des savoirs locaux et de la science ;
- Intégrer les acquis de toutes les disciplines concernées, et de l'ensemble des partenaires scientifiques et autres acteurs en vue de répondre aux questions posées ;
- Se focaliser sur les questions utiles, les processus et la connaissance issue de l'analyse comparative qui aboutissent à une extrapolation des résultats et des méthodes au-delà du site particulier concerné (connaissances et processus naturels, stratégies des acteurs, outils de circulation de l'information et d'espace d'échanges,...) ;
- Travailler sur l'ensemble des secteurs composants le continuum *recherche & développement* ;
- Communiquer et disséminer les résultats et conclusions de la recherche d'une manière efficace auprès de l'ensemble des acteurs (du chercheur au gestionnaire, du producteur au décideur) ;
- Renforcer les institutions depuis le niveau local jusqu'au niveau politique en vue d'assurer les capacités futures de la recherche nationale et les mécanismes efficaces pour l'adaptation et l'adoption des résultats de la recherche (vers un observatoire environnemental pour une gestion intégrée des ressources naturelles).

NATURE ET QUALITE DE L'INFORMATION DANS LES OBSERVATOIRES**Christian MULLON¹**

¹ : 19 av. Grande / 7700 Newlands - Afrique du Sud
mullon@iafrica.com

La mise en place de dispositifs permanents d'observation du milieu, de capitalisation d'information et de diffusion de connaissances instaure une relation particulière entre 'décideurs' et 'scientifiques'. Cette relation ne va pas de soi. Nous voudrions, à partir d'exemples qui en illustrent la complexité, poser dans ce contexte, la question de la 'valeur' de l'information scientifique. L'explosion des nouvelles technologies de l'information et de la communication transforme aujourd'hui toutes les approches de cette question. Concrètement, nous voudrions montrer que la prendre en compte permet de définir, notamment dans les pays en développement, une politique originale de mobilisation et de capitalisation de l'information scientifique et d'organiser une meilleure coopération entre bailleurs de fonds, organismes scientifiques, institutions et ONG spécialisées.

ESPACES, RESSOURCES, USAGES : PROPOSITION METHODOLOGIQUE POUR LE SUIVI DE LA DESERTIFICATION DANS LE CADRE DU RESEAU ROSELT/OSS

Jean-Marc D'HERBES¹, Maud LOIREAU¹

¹ : IRD, Maison de la Télédétection, 34 093, Montpellier Cedex 05. e-mail : dherbes@teledetection.fr

L'écologie des paysages en région aride est abordée à travers une approche de la dynamique et de la spatialisation des interactions entre les systèmes écologiques et sociaux, centrée sur la dynamique entre ressources et usages.

Cependant, le croisement ou la superposition d'informations spatiales issues d'observations aussi différentes que les caractéristiques du milieu et les données démographiques ou socio-économiques déterminant des modes d'exploitation de ce milieu, sont souvent rendus difficiles en pratique car les limites des unités cartographiques utilisées pour représenter chacun des systèmes sont différentes (limites biophysiques d'une part, limites généralement administratives ou coutumières d'autre part).

L'approche conceptuelle qui sous-tend en grande partie la démarche scientifique du réseau ROSELT/OSS, appliquée à un observatoire pilote du Sahel nigérien, suppose que soient différenciés dans la représentation du paysage deux plans d'information géographique distincts.

Le premier reflète l'action des facteurs écologiques sur la structure paysagère observable : les facteurs biophysiques, tels le climat, la géomorphologie et les formations végétales, auxquels est ajoutée l'occupation des sols lorsqu'elle structure le paysage. Ce plan d'information, constitué à partir de cartes physiques disponibles, de cartes d'indices de végétation calculés à partir d'images satellitales à haute résolution spatiale, enfin d'une carte de l'occupation des sols issue d'une photo-interprétation, est une carte des Unités Paysagères dotées des attributs concernant principalement la production et la localisation des ressources.

Le deuxième plan d'information est constitué par une représentation spatiale des activités et pratiques agricoles sur l'espace rural. Par définition non directement observable sur des Unités Paysagères résultant d'interactions complexes, il a été construit à travers la spatialisation d'un modèle de fonctionnement agricole élaboré sur la zone d'étude à partir d'enquêtes parcellaires. Ce modèle calcule, à partir d'une typologie issue des enquêtes, un degré d'artificialisation complexe intégrant l'ensemble des pratiques agricoles identifiées sur la zone, dont celles qui se traduisent par un impact au niveau de la structure de l'espace, telle la rotation champ-jachère pratiquée. Ce degré d'artificialisation est utilisé pour définir l'effort de gestion du paysan sur une parcelle donnée, en fonction de sa localisation dans l'espace (distance à un village, qualité agronomique du sol) et des besoins en production céréalière de la population du village. A chaque point de l'espace est ainsi associé un mode de gestion parcellaire probable. Le regroupement des points de même fonctionnement constitue une Unité de Pratiques Homogènes, la carte de ces Unités constituant le plan d'information « pratiques agricoles ».

Le croisement de ces deux plans d'information aboutit à la définition des Unités Spatiales de Référence, dont la caractéristique principale est de pouvoir être rattachée à un mode de fonctionnement écologique aussi bien qu'à un fonctionnement agraire, et au-delà, socio-économique. Les attributs calculés sur ces Unités, telles les phytomasses ligneuses ou herbacées, permettent de construire des cartes de disponibilité en ressources fourragères ou en bois pour les divers usages identifiés sur la zone d'étude. La confrontation, sur ces unités de référence, des différents usages des ressources et de l'espace permettent enfin de proposer une spatialisation au niveau locale des risques de dégradation des terres.

Cette approche est intégrée dans un Système d'Information sur l'Environnement (SIE) dont la structure met en relation SIG, SGBDR et outils de modélisation.

L'EXTENSION DE LA ZONE AMENAGEE A L'OFFICE DU NIGER¹ AU MALI : UNE EXPLOITATION RATIONNELLE ET DURABLE DES RESSOURCES NATURELLES AU SERVICE D'UN ENJEU NATIONAL DE DEVELOPPEMENT

Nancouman KEITA¹, Jean-François BELIERES², Souleymane SIDIBE³

¹ : Ingénieur du Génie Rural, Président Directeur Général de l'Office du Niger BP 106 Ségou Mali - Tél (223) 320 580

Email : on@spider.toolnet.org

² : Agro-économiste (CIRAD-TERA), Assistant technique de la Coopération Française à l'Office du Niger

Email : belieres@cefib.com

³ : Aménagiste, Chef du service de l'aménagement Office du Niger BP 106 Ségou Mali

La zone de l'Office du Niger au Mali est un site adapté pour le développement de l'irrigation. Les conditions morpho-pédologiques favorables de cette partie du delta intérieur du Niger font qu'environ un million d'hectares sont potentiellement irrigables par gravité à partir du barrage de Markala. La ressource en eau dans le fleuve est, tout au moins pendant une période de l'année, très importante. L'aménagement et la mise en valeur de cette zone constituent donc un véritable atout de développement socio-économique pour le Mali, et dans le cadre de l'intégration économique régionale, pour l'ensemble de la sous-région.

Après plusieurs décennies de stagnation, l'agriculture irriguée dans cette zone connaît une forte croissance liée à une intensification des productions (riziculture et culture de l'oignon en particulier) et au développement de nombreuses activités économiques induites telles que l'élevage, la pêche, l'exploitation du bois, la transformation des produits agricoles, etc. L'ensemble du domaine aménagé irrigué par gravité à partir du barrage de Markala est aujourd'hui mis en valeur et son extension constitue une des priorités de développement du gouvernement malien.

Parmi les principales ressources que sont la terre et l'eau, la première est aujourd'hui très largement disponible. Quant à la seconde, elle est très importante mais sa disponibilité est irrégulière durant l'année et constitue une ressource partagée. Elle est aujourd'hui mal gérée et insuffisamment valorisée. De la situation actuelle à la mise en valeur de l'ensemble de la zone, plusieurs scénarios donnent des indications sur les besoins et mettent en évidence le caractère indispensable d'une gestion concertée de la ressource au niveau du bassin du fleuve.

L'extension des superficies aménagées et donc des activités agricoles irriguées ne peut que s'inscrire dans le cadre d'un développement durable basé sur une exploitation rationnelle de toutes les ressources naturelles. Une étude menée en 1998 et 1999 a conclu que la situation environnementale actuelle dans la zone est dans son ensemble satisfaisante. Cependant, ces bons résultats ne doivent pas faire oublier les risques importants qui demeurent et qui ne peuvent aller qu'en s'amplifiant avec les extensions. Il convient donc de mettre en place un programme de suivi de la situation environnementale pour prévenir ces risques et apporter au besoin les correctifs nécessaires.

De même, le développement de cette zone par la mobilisation croissante des importantes ressources disponibles ne saurait être abordé sans un outil de planification régional permettant de définir pour le moyen et long terme les grandes orientations du développement pour l'ensemble des secteurs et servir de cadre de cohérence aux futurs projets et programmes d'intervention. C'est dans cette perspective que l'Office du Niger a engagé l'élaboration d'un schéma directeur à travers une démarche participative visant à associer l'ensemble des acteurs concernés.

Le développement de la zone de l'Office du Niger va entraîner une mobilisation croissante des ressources et en particulier de la ressource en eau. Dans le cadre d'un aménagement progressif et raisonné au niveau de l'ensemble du bassin du fleuve Niger et d'une gestion concertée des ouvrages, cette ressource doit être largement suffisante pour à la fois permettre le développement de la zone et assurer les besoins en amont et en aval. Pour s'assurer de la durabilité du développement mis en

œuvre, les actions engagées par l'Office du Niger (programme de suivi environnemental et schéma directeur) vont dans le sens d'une meilleure prise en compte et d'un suivi des principales ressources et de leurs utilisations en collaboration et en concertation avec les différents acteurs concernés. Autant d'éléments qui plaident en faveur d'une mise en commun des informations au sein d'un observatoire chargé de collecter, centraliser, stocker, mettre à disposition, analyser et diffuser ces informations environnementales pour favoriser « *une gestion intégrée des ressources naturelles dans le delta intérieur du Niger* ».

¹ : Office du Niger : organisme chargé de la gestion des terres, de la gestion de l'eau, de l'entretien des infrastructures et du développement rural dans la zone aménagée et la zone irrigable à partir du barrage de Markala sur le Niger

L'AGENCE DU FLEUVE NIGER AU MALI : UN APPUI A LA PROTECTION DU FLEUVE ET A LA GESTION DURABLE DES RESSOURCES DE SON BASSIN

Alain GERBE¹, Seydou BOUARE¹

¹ : conseillers au ministère MEATEU (Ministère de l'Équipement, de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de l'Urbanisme) – Mali - (22 39 37 – 22 29 01)

Le bassin du fleuve Niger au Mali, constitue un atout majeur pour le développement du pays dont il relie les zones humides du sud aux régions désertiques du nord. Il se comporte comme une artère nourricière qui entretient les conditions de vie pour l'homme, et abrite des écosystèmes, une faune et une flore riches et diversifiés.

S'étendant sur plusieurs zones climatiques, la vallée du fleuve est soumise à des sécheresses périodiques qui ont multiplié les impacts négatifs : ensablement, assèchement des lacs, réduction de la surface et de la durée des inondations, dégradation de la végétation et de la faune.

Les activités de développement ont, pour la plupart, été mises en œuvre, sans concertation suffisante et sans véritables études d'impacts sur l'environnement. Une coordination entre les différents secteurs du bassin devient nécessaire afin d'avoir une vision globale des ressources en eau et de leurs usages, afin de créer une solidarité entre les usagers de l'amont et de l'aval, et afin d'éviter les gaspillages et les pollutions.

C'est pour apporter une réponse à ces problèmes et pour mettre en œuvre une gestion globale et intégrée des ressources du bassin du fleuve Niger que l'Agence du fleuve Niger a été créée par le Gouvernement malien. Elle sera pilotée par un Comité de Bassin, véritable parlement de l'eau où siègeront les utilisateurs, les collectivités territoriales et l'administration.

Les spécificités des quatre grands sous-ensembles du fleuve Niger que sont le Haut-Niger, le Delta central, la Boucle du Niger et le Bani seront pris en compte par des démembrements de l'Agence du fleuve Niger et du Comité de bassin. Les zones d'intervention sont les lits mineur et majeur du fleuve, ses affluents, et la partie de son bassin versant qui interagit activement avec ces derniers.

Les objectifs spécifiques de l'Agence sont les suivants :

- assurer la préservation du fleuve en tant qu'entité vitale du pays et protéger les écosystèmes terrestres et aquatiques ;
- renforcer les capacités de gestion des ressources en eau et des milieux aquatiques ;
- valoriser les ressources en eau ;
- prévenir les risques naturels (inondation, érosion, sécheresse) et lutter contre les pollutions et nuisances ;
- assurer par une démarche partenariale avec les différentes catégories d'usagers la satisfaction de leurs besoins en eau ;

Pour atteindre les objectifs qui lui sont fixés, les cinq **missions** suivantes sont fixées à l'Agence :

1/ Être un **observatoire opérationnel** de l'état et de l'évolution de la ressource en eau, des milieux physiques et biologiques associés, des contraintes et des menaces qui perturbent les équilibres naturels et des usages de l'eau.

Cet observatoire devra effectuer des études prospectives sur l'évolution de la ressource en eau du fleuve et des milieux naturels.

Il gèrera, dans un objectif opérationnel, les modèles de fonctionnement du fleuve.

Il promouvra la réalisation d'études d'impact et de scénarios de simulation concernant les projets d'aménagement.

2/ Etre un **outil d'évaluation, de proposition, de coordination** et d'amélioration des pratiques concernant les aménagements et les gestions en ce qui concerne :

le renforcement des capacités de gestion des ressources en eau et des milieux aquatiques ;

la lutte contre les pollutions, la protection et la restauration des écosystèmes et des espaces naturels ;

la réduction des pertes et des gaspillages et l'amélioration de l'efficience des usages ;

la mise en œuvre des aménagements hydrauliques.

3/ Etre un **centre de décision** technique pour les mesures à prendre pour la gestion de l'eau, au niveau des différents utilisateurs, lorsque ces mesures influencent le fonctionnement global du système hydrique :

gestion des retenues d'eau aux niveaux des grands barrages

gestion des prélèvements d'eau des grands offices de culture irriguée.

4/ Gérer un **outil financier** de perception de redevances auprès des organismes publics ou privés en fonction des perturbations que leurs activités entraînent pour les milieux

5/ Assurer la **diffusion de l'information** auprès des populations, des usagers, des services publics et des partenaires au développement sur l'état du fleuve Niger, sur les problèmes rencontrés et sur les initiatives prises pour la gestion et l'aménagement du fleuve.



Imprim color - Bamako