

GESTION DES RESSOURCES ET AMENAGEMENT DU  
FLEUVE NIGER

DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES POUR LA  
DECISION PUBLIQUE

Document préparatoire à l'Expertise Collégiale « Systèmes  
informatisés de gestion et d'aide à la décision sur le bassin du Niger »

## Préface

Le présent document de travail, issu de l'atelier scientifique sur le fleuve Niger organisé à Bamako par l'Institut de recherche pour le développement (IRD – France) et l'Institut d'économie rurale (IER – Mali) du 14 au 16 janvier 2002, fournit une synthèse des résultats scientifiques obtenus dans le cadre de différents programmes de recherche (« Pêche dans le delta central du Niger », EQUANIS, SIMES, GIRHEX etc.) menés en partenariat. Il réunit des éclairages analytiques sur la nature des ressources et la diversité des intérêts en jeu selon les types d'activités.

Depuis une vingtaine d'années, en effet, des programmes de recherche importants ont été consacrés aux différents aspects de la gestion des ressources du fleuve Niger et en particulier de son delta intérieur. L'IRD et l'IER y ont pris largement part et souhaitent aujourd'hui associer leurs efforts pour que les résultats de ces travaux soient mis plus largement à la disposition des collectivités et institutions nationales et locales maliennes.

Les évolutions climatiques et écologiques actuelles, les besoins en énergie et le récent contexte de la décentralisation définissent un nouveau cadre pour l'organisation des confrontations d'intérêts et la recherche de solutions équitables. Ces évolutions suscitent aussi le besoin d'identifier, dans les connaissances scientifiques disponibles, les éléments susceptibles de contribuer à la conception et à la mise en place de politiques adaptées de gestion des ressources. La diversité des ressources présentes, dans cette région de productivité exceptionnelle, est particulièrement grande ; toutes les connaissances disponibles doivent pouvoir être utilisées pour un développement équilibré du fleuve et des régions auxquelles il peut apporter de grandes richesses. C'est pourquoi l'IRD et l'IER se sont associés :

– d'abord, pour organiser une présentation synthétique des connaissances scientifiques aux décideurs publics. Cette action a pris la forme d'un atelier tenu en ce début d'année 2002 ; elle se traduit aujourd'hui par la publication du présent volume ainsi que par la mise à disposition d'une documentation beaucoup plus complète pour les décideurs qui, à Bamako, souhaiteront élargir leur information et leur réflexion<sup>1</sup>.

– mais aussi, ensuite, pour prolonger cette action en mettant leur compétence à disposition des autorités du Mali. L'IRD et l'IER proposent en effet de mobiliser les meilleurs experts pour dégager, dans le vaste corpus des connaissances disponibles, des éléments directement exploitables par les décideurs nationaux et locaux pour développer et aménager le fleuve et les régions qu'il traverse au mieux des intérêts de chacun. Une telle *Expertise Collégiale*

---

<sup>1</sup> Cette documentation est reproduite sur le CD-Rom inséré dans ce volume.

pourrait poser les bases d'un instrument permanent d'aide à la décision dans le domaine de la gestion intégrée des ressources que représente le fleuve Niger.

Marianne BERTHOD

Directrice du Département expertise et valorisation de l'Institut de recherche pour le développement, Paris

Bino TEME

Directeur Général de l'Institut d'économie rurale, Bamako

## Table des matières

Compte rendu de l'Atelier scientifique sur le Fleuve Niger (Bamako, 14-16 janvier 2002)	p.5
<b>La gestion des ressources du fleuve Niger au Mali et l'aménagement du territoire : valoriser les connaissances pour aider à la décision</b>	p. 6
Présentation du document	p. 11
Programme de l'Atelier scientifique sur le fleuve Niger	p. 12
<b>Hydrologie-Hydraulique</b>	p. 16
Fonctionnement hydrogéodynamique du delta intérieur du Niger et ressources hydriques du bassin amont, par Jean-Claude OLIVRY	p. 17
Variabilité des paramètres hydrologiques du fleuve Niger, par Almoustapha FOFANA	p. 19
Les modèles de circulation de l'eau, une synthèse, par Jean A. CUNGE	p. 24
La gestion de l'eau à l'Office du Niger, par Hamady N'DJIM	p. 26
<b>Intégration par la modélisation</b>	p. 27
Le projet Gihrex, par Didier ORANGE	p. 29
Modélisation du delta intérieur du Niger, par Christian MULLON, Marcel KUPER, Yveline PONCET, Pierre MORAND, Elizabeth BENGA	p. 32
<b>Hydrobiologie</b>	p. 36
Historique des études sur les ressources halieutiques maliennes du fleuve Niger, par Daniel DANSOKO	p. 37
Caractéristiques environnementales et productivité des mares du Delta Central du Niger, par Ousmane Alpha DIALLO	p. 42
L'hydro-système et la productivité des sols, par Mamadou Kabirou NDIAYE	p. 45
Le problème de la jacinthe d'eau au Mali : état des recherches, par B. DEMBELE, A. DIARRA, C. DIARRA, S. SARRA et M.N. TRAORE	p. 47
Présentation du projet GHENIS, par Housseyni MAÏGA, Nianti Ousmane TANGARA	p. 52
<b>Systèmes halieutiques</b>	p. 54
Les apports du « Programme d'Etudes Halieutiques du Delta central du Niger » au développement durable des pêcheries maliennes, par Jacques QUENSIERE	p. 56
Socio-anthropologie de la pêche et des pêcheurs, par Bréhima KASSIBO	p. 60
Vers des outils de suivi environnemental : l'expérience de l'observatoire de la pêche dans le Delta intérieur du Niger, par Pierre MORAND et Amaga KODIO	p. 62

<b>Environnement et systèmes d'exploitation</b>	p. 64
La végétation et les ressources pastorales du delta intérieur du Niger : état des connaissances, perspectives d'applications et de recherches complémentaires, par Pierre HIERNAUX et Lassine DIARRA	p. 65
Gestion des bourgoutières dans le Delta central du fleuve Niger, par Amadou KODIO	p. 71
Aperçu sur les systèmes de production du Delta Intérieur du Niger, par Salmana CISSE	p. 74
Usages et foncier dans le Delta intérieur du Niger , par Olivier BARRIERE	p. 79
DELMASIG : Un SIG d'aide à la décision pour une gestion régionale et locale par Jérôme MARIE	p. 85
<b>Rapports des groupes de travail</b>	p. 85

Compte rendu de  
l'Atelier scientifique sur le Fleuve Niger

(Bamako, 14 -16 janvier 2002)

## PRESENTATION

### Gestion des ressources du fleuve Niger au Mali et aménagement du territoire

Le fleuve Niger dans son ensemble, et son delta intérieur en particulier, constituent par la combinaison des différents éléments de son cours, un bassin unique au monde : richesse hydraulique considérable convertible en énergie, en capacité de transport, en capacité d'irrigation, richesse agricole avec une zone de productivité exceptionnelle tant pour la culture que pour la pêche et l'élevage, réserve de biodiversité, etc.. Le delta est la première zone de pêche continentale en Afrique de l'Ouest, et sa seule zone d'élevage disposant de pâturages à très haute productivité. Toutefois son exploitation souffre actuellement d'un manque de concertation alors même que l'évolution climatique et l'évolution écologique du bassin versant et des zones sahéliennes menacent ses ressources.

Dans les dernières décennies, cette région exceptionnelle a fait l'objet de très nombreux travaux de chercheurs. Ils ont étudié le fleuve Niger lui-même, dont ils ont proposé plusieurs modèles, ils ont analysé les ressources spécifiques de la région et les modes de vie et d'organisation complexes des sociétés qui y vivent et y travaillent. Ces études, cependant ne sont pas toujours suffisamment connues des décideurs et utilisateurs. En effet, par leur nature même, les travaux scientifiques font l'objet d'une communication particulière (colloques, séminaires, congrès ou publications scientifiques) qui ne favorise pas la transmission de leurs résultats aux décideurs.

Or, les utilisateurs des ressources de cette zone ont besoin de disposer de données, de l'interprétation des analyses et des conclusions ainsi que d'aides à la conception d'outils de représentation et de prévision. De même, les travaux scientifiques sont de plus en plus indispensables aux décideurs et à leurs conseillers techniques chargés de synthétiser et d'évaluer l'information disponible.

Ces constats et ces besoins ont conduit l'Institut d'économie Rurale (IER) et l'Institut de recherche pour le développement (IRD, ex-ORSTOM) à organiser un « Atelier scientifique sur le fleuve Niger ». Cet atelier s'est tenu au Palais des congrès de Bamako du 14 au 16 janvier 2002. Il s'adressait aux cadres supérieurs techniques des directions nationales, sociétés d'Etat et autres entreprises ou institutions concernées par l'usage des richesses du fleuve. Outre les chercheurs de l'IRD et de l'IER (environ douze pour chaque structure), il a réuni la plupart des responsables des principaux programmes de recherche relatifs à la gestion des ressources liées au fleuve Niger de ces vingt dernières années. Il a permis d'amorcer un processus de discussion et d'envisager les conséquences opérationnelles qui pourraient être tirées des travaux menés sur ces questions. Durant ces trois journées, le partage d'information et les débats ont souligné des intérêts et ouvert des pistes de réflexion.

Le présent dossier a été réalisé après l'atelier. Il regroupe les rapports des groupes de discussion et les résumés des interventions. Il permettra au lecteur de prendre une première mesure de la diversité des champs de connaissance déjà explorés. Toutefois, l'organisation

rapide des journées de janvier n'ayant pas permis de recenser l'ensemble des travaux réalisés, la présentation de plusieurs autres études de portée non négligeable pourrait utilement compléter ce premier dossier, si l'on se proposait de réaliser un véritable bilan.

Le propos principal du présent dossier est plutôt de confronter, d'un côté, le très large éventail de questions de grande portée sociale, économique et technique auxquelles les autorités publiques concernées par le fleuve Niger ont à faire face, et d'un autre côté, la richesse et l'intérêt de travaux de recherche sur plusieurs décennies dans un cadre souvent déconnecté des applications immédiates. On se prend naturellement à souhaiter qu'un effort supplémentaire soit entrepris pour valoriser ces connaissances, afin de les mettre à disposition des utilisateurs, particulièrement pour éclairer des décisions que l'on sait complexes, difficiles et souvent à très longue portée dans le temps. Des organismes de recherche et d'étude comme l'IRD, qui a mis la recherche au service du développement, et l'IER, spécialiste d'économie rurale, ne peuvent rester indifférents à l'usage qui peut être fait de leurs travaux : en diffusant ce document de travail, leur objectif est à la fois de permettre l'exploitation et la valorisation des recherches entreprises au Mali et d'aboutir à des propositions concrètes.

Ces organismes, dont la finalité est l'étude et la recherche, n'ont pas pour mission d'intervenir dans la décision. En revanche, il leur appartient légitimement de s'engager dans une réflexion sur la conception, la mise au point et l'usage d'instruments opérationnels d'analyse et de gestion qui utilisent les connaissances capitalisées. De tels instruments doivent répondre aux meilleures qualités « techniques » ; mais ils doivent également être bien insérés dans les rouages de la concertation et de la décision. Il est primordial qu'ils tiennent compte des besoins et des évolutions institutionnelles du Mali.

Les réflexions et propositions qui suivent visent également à envisager les formes d'un partenariat et à décrire l'Expertise collégiale qui pourrait se mettre en place.

## **Gestion des ressources et aménagement du territoire dans le bassin du Niger**

Le bassin du Niger s'étend, dans sa partie malienne, sur 330 000 kilomètres carrés. Des quatre grands pays arrosés par le cours du Niger, c'est le Mali qui dispose de la partie la plus longue du fleuve sur son territoire national, de la frontière guinéenne à la frontière nigérienne. L'intérêt des décideurs maliens pour le fleuve est encore accru par l'existence de deux zones très particulières qui jouent un grand rôle, tant vis-à-vis de l'économie nationale que des populations qui en dépendent pour leur vie quotidienne :

- l'Office du Niger, qui représente l'un des plus grands et des plus anciens périmètres irrigués de l'Afrique de l'Ouest ;
- le delta intérieur du Niger, écosystème inondé encore peu aménagé, qui est cependant la principale zone de pêche continentale et la seule zone de pâturages à très haute productivité de l'Afrique de l'Ouest.

Il ne fait pas de doute que de nouveaux aménagements verront le jour sur le bassin du Niger, qui n'a fait l'objet que de deux opérations importantes (les barrages de Markala et de Sélingué). Ces aménagements devront répondre aux attentes des décideurs maliens tout en

intégrant la multiplicité des problèmes liés à la diversité des usages nationaux, sans négliger les problèmes internationaux comme les débits d'étiage à Niamey.

La poursuite de politiques publiques actives dans le secteur du delta suppose l'implication d'une forte composante scientifique et technique dans la préparation de la décision. En effet, les travaux de recherche conduits durant les dernières décennies ont montré que, pour dégager des conclusions prospectives pertinentes, il est nécessaire de prendre en compte, outre des données strictement techniques, les divers aspects économiques et sociétaux ainsi que les comportements des populations.

C'est pourquoi il est proposé de centrer un débat entre experts et décideurs sur *la ressource en eau et les usages de l'eau dans le bassin du Niger en République du Mali*, dans une problématique de *gestion et d'aménagement du territoire*.

- *Ressource en eau*

Cette expression recouvre une réalité complexe. En effet si on entend par "ressource en eau", l'eau disponible à tout moment en tous points du bassin, l'expression englobe le fonctionnement hydrologique du bassin du Niger, y compris les conditions de formation de cette ressource (liée au climat et à l'évolution écologique du bassin versant) et sa durabilité sur le long terme. Mais l'expression englobe également la totalité des ressources induites, comme les stocks halieutiques ou les pâturages du delta intérieur, pour ne prendre que ces deux exemples.

- *Usages de l'eau* : la réalité induite par cette expression est tout aussi complexe. Elle inclut par exemple,

- l'utilisation de l'eau pour l'alimentation de la capitale en eau potable ou pour la production d'électricité,

- l'usage des diverses ressources (eau, terre, poissons, végétation...) des différents écosystèmes du bassin du Niger par les groupes sociaux mettant en œuvre un grand nombre de combinaisons de systèmes de production (agricoles, piscicoles ou pastoraux),

- les systèmes de productions et groupes socio-économiques qui se distribuent le long du bassin du fleuve, sur un gradient climatique allant du tropical humide du haut bassin à l'aridité de la région de Tombouctou...

- *Gestion et aménagement du territoire*

Les décisions que doivent prendre les autorités maliennes mettent en jeu, à des échelles géographiques diverses, des problèmes et des projets très différents mais souvent liés entre eux :

- régulation des débits,
- amélioration de la qualité de l'eau,
- implantation de nouveaux barrages,
- extension des périmètres irrigués (de l'Office du Niger par exemple),
- réglementation et définition des modalités d'arbitrage entre différents usagers (agriculteurs, pêcheurs, pasteurs).

Les décideurs doivent pouvoir mobiliser des experts pour mesurer la portée de leurs décisions, et ceci, à des échelles du territoire également très variées : de l'ensemble du bassin du fleuve aux échelles locales ou régionales.

Face à ces problèmes et échelles divers, il existe aussi une relative diversité des décideurs, dont les centres d'intérêt ne sont pas nécessairement concordants. En effet, la République du Mali, qui vient de mettre en place une très importante réforme de son organisation politique, administrative et territoriale en créant, à tous les échelons du pays, des collectivités décentralisées, a également fait le choix politique de placer ces collectivités territoriales au cœur de sa stratégie de développement. De fait, les décisions qui engagent l'aménagement du fleuve et de ses territoires concernent donc à la fois des responsables politiques nationaux, mais également locaux et régionaux – de la commune à l'Assemblée régionale.

Toute décision, quel que soit son domaine d'application requiert des avis scientifiques et techniques. Or, il est indispensable *d'aborder les problèmes de gestion et d'aménagement du territoire sur un espace aussi vaste et aussi complexe que le Bassin du Niger avec une vision d'ensemble, et pas en sollicitant au coup par coup telle ou telle catégorie d'experts.* Pour situer chaque problème dans son contexte d'ensemble, un nombre précis de questions ciblées sur des problématiques particulières concernant la gestion et l'aménagement du territoire doit faire l'objet d'un suivi pour lequel des outils de référence communs (modèles, systèmes d'enquêtes, bases de données...) peuvent être mis au point sur la base des connaissances existantes. Les différentes catégories de décideurs auront ainsi accès, après concertation, à l'information qui leur est nécessaire. L'identification de tels outils doit tenir compte d'une part des savoirs et des données scientifiques existantes et d'autre part des besoins prioritaires des différentes catégories d'institutions impliquées.

Les systèmes de gestion et d'aide à la décision prennent généralement la forme de systèmes informatisés tels que des "modèles", des Systèmes d'information géographique (SIG), des Systèmes multi-agents (SMA) ou des « Observatoires » qui s'appuient tous sur d'importantes bases de données. Plusieurs de ces systèmes ont été présentés au cours lors de l'atelier scientifique sur le Fleuve Niger. Ils ont tous en commun d'être capables :

- de stocker et de restituer à la demande toutes les informations disponibles sur le thème et l'espace auxquels ils sont dédiés ;
- de proposer une représentation simplifiée du fonctionnement des phénomènes observés, tout en conservant la complexité des phénomènes en interaction afin de rester aussi proche que possible de la réalité ;
- de proposer des simulations, c'est-à-dire de permettre à des décideurs de les interroger sur la base de différents scénarios. A titre d'exemple : que deviennent les crues du delta intérieur si l'on décide d'implanter un barrage à tel endroit ?

La République du Mali est parfaitement en mesure de se doter de tels outils, dont elle a besoin. Cependant ces outils, techniquement lourds et financièrement coûteux, exigent un investissement de départ et des conditions rigoureuses de maintenance des bases de données et du matériel. Il convient donc de consacrer une réflexion préalable approfondie aux meilleurs ajustements possibles entre la demande (entre les différentes formes de demande, faudrait-il préciser) et les capacités de réponse de ces instruments à des questions particulières. Il ne serait pas raisonnable de concevoir un modèle ou un observatoire « universel », qui apporterait une réponse d'égale qualité à toutes les questions des décideurs, à toutes les échelles concevables. Les choix doivent être établis en connaissance de cause et

en analysant rigoureusement les différents outils possibles. Comment préparer ces choix, qui relèvent *in fine* exclusivement des autorités maliennes ?

## **L' « expertise collégiale », une synthèse des résultats de recherche utiles pour l'aménagement du territoire**

Le processus d'Expertise collégiale proposé par l'IRD a pour objectif de répondre aux **questions concrètes que se posent les décideurs**. La première étape, très importante, du processus d'une Expertise Collégiale est l'« Atelier initial », organisé précisément pour dresser la liste des questions concrètes posées par les décideurs.

L'atelier initial est donc un moment de choix politique et technique, essentiel puisqu'il détermine les fonctionnalités des modèles et observatoires à mettre en place.

L'**Expertise collégiale proprement dite** peut commencer lorsqu'un accord s'est également établi pour son financement. Les experts disposent alors de six mois pour répondre aux questions qui constituent ses termes de référence.

L'Expertise collégiale se termine par la **présentation des résultats** aux commanditaires lors d'un séminaire au cours duquel les résultats peuvent être discutés par les intéressés.

Les conclusions des experts doivent ensuite être rédigées sous forme d'une **synthèse claire et concise, en langage courant. Elles doivent répondre à chaque question posée**, et fournir le détail des arguments scientifiques en annexes. La diffusion et la publication de ces documents font l'objet d'accords spécifiques avec les autres commanditaires et bailleurs de fond de l'Expertise collégiale.

Après la remise de l'expertise, les autorités destinataires de ces travaux peuvent engager le processus de décision. Les décisions à prendre peuvent être de plusieurs ordres :

- déterminer si les partenaires, mieux éclairés par l'Expertise, souhaitent consacrer des moyens pour se doter d'instruments de gestion globaux pour le moyen et le long terme,
- choisir quels instruments seront développés prioritairement,
- créer un « centre de ressources » sur l'utilisation des eaux du fleuve Niger, idée déjà formulée au cours de l'Atelier scientifique des 14-16 janvier, et reprise au cours des discussions qui ont suivi.

\*

\*   \*

L'IRD et l'IER, par la présente initiative, montrent qu'ils sont prêts à faire un pas de plus pour que les savoirs et les données accumulés sur le fleuve Niger et son delta intérieur soient plus utilisables, et mieux utilisés, par les premiers intéressés –c'est-à-dire les institutions maliennes et les populations dont ces dernières servent les besoins.

Toutefois, l'offre de service de l'IRD et de l'IER n'a de sens que si elle se situe dans le cadre d'un processus plus large de décision, largement souhaitable du point de vue de la démocratie. Cela implique qu'une grande confiance existe pour que les différentes parties prenantes puissent s'engager en commun dans un long processus.

## Présentation du document

L'« Atelier scientifique sur le Fleuve Niger » a été organisé par l'Institut d'Economie rurale (IER) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) pour répondre à un besoin exprimé par de nombreux utilisateurs des résultats de la recherche

Cet atelier a eu lieu au Palais des Congrès de Bamako du 14 au 16 janvier 2002. Il a réuni une douzaine de chercheurs de l'IRD, un nombre équivalent de chercheurs de l'IER ou de compétences des directions nationales, un expert d'un bureau d'études spécialisé, et une vingtaine de cadres supérieurs de directions nationales ou d'entreprises grandes utilisatrices d'eau.

Il a offert aux participants une occasion d'aborder, entre scientifiques et techniciens, et en dehors du climat d'urgence qui caractérise souvent la décision, l'ensemble des problèmes de la gestion de la ressource et du contexte dans lequel se posent les décisions relatives à l'aménagement du fleuve, et les principaux types d'outils d'aide à la gestion et à la décision d'aménagement.

Le programme de l'Atelier scientifique sur le Fleuve Niger, ci-dessous, donne les titres des sessions. Les résumés des communications sont ensuite présentés par chapitres thématiques.

**PROGRAMME DE L'ATELIER SCIENTIFIQUE SUR LE FLEUVE NIGER**

**14 janvier 2002**

8h00 - 9h00	Accueil des participants
9h00 - 9h15	Ouverture <b>Monsieur Bino TEME, Directeur Général de l'IER</b> <b>Monsieur Christian CONNAN, Ambassadeur de France</b> <b>Pr. Joseph BRUNET- JAILLY, Représentant de l'IRD au Mali</b>
9h15-9h45	Introduction aux sessions <b>Pr. Jérôme MARIE, Université de Paris X – Nanterre</b>
9h45 – 10h00	Pause
	<b>Session « Hydrologie, hydraulique »</b> Modérateur : Olivier MONGA, IRD- Paris
10h00 -10h30	« <b>Fonctionnement hydrogéodynamique du Delta intérieur du Niger</b> » Jean Claude OLIVRY, IRD - Montpellier
10h30-11h00	« <b>Variabilité du régime hydrologique du bassin du Niger</b> » Almoustapha FOFANA, DNH
11h00-11h30	« <b>Modèles de circulation de l'eau</b> » Jean A. CUNGE, SOGREAH
11h30-12h00	« <b>La politique de l'eau à l'Office du Niger</b> » Hamady N'Djim
11h30-12h30	Séance de questions
12h30-14h00	Déjeuner
	<b>Session : « Intégration par la modélisation »</b> Modérateur : M. Mamadou K. N'DIAYE, IER-Bamako
14h00-14h30	« <b>Le projet GIRHEX</b> » Didier ORANGE, IRD – Paris
14h30-15h00	« <b>MIDIN</b> » Christian MULLON, IRD – Le Cap

15h00-15h15	Pause
15h15-17h15	Séance de questions

<b>15 janvier 2002</b>
------------------------

**Session « Hydrobiologie »**

Modérateur : Jean-René DURAND, IRD – Dakar

8h00-8h30	<b>« Hydrobiologie »</b> Daniel DANSOKO, IER
8h30-9h00	<b>« Productivité des mares et qualité de l'eau »</b> Ousmane DIALLO, IER - Mopti
9h00-9h30	<b>« Hydrosystème et productivité des sols »</b> Mamadou K. NDIAYE, IER – Bamako
9h30-9h45	Pause
9h45-10h15	<b>« Problématiques des plantes aquatiques nuisibles »</b> Bouréma DEMBELE, IER – Bamako
10h15-10h45	<b>« Le projet GHENIS »</b> Housseini A. MAÏGA et Nianti Ousmane TANGARA, DNH
10h45-12h00	Séance de questions
12h00-14h00	Déjeuner

**Session « Systèmes halieutiques »**

Modérateur : Jean-René DURAND, IRD - Dakar

14h00-14h30	<b>« Poissons et pêche »</b> Jacques QUENSIERE, IRD – Dakar
14h30-15h00	<b>« Sociologie de la pêche et des pêcheurs »</b> Bréhima KASSIBO, ISH – Bamako
15h00-15h30	<b>« Observatoire de la pêche »</b> Pierre MORAND, IRD-Sète, et Amaga KODIO, IER-Mopti
15h30-16h30	Séance de questions
16h30-16h45	Pause

**Session : « Environnement et systèmes d'exploitation (1) »**

Modérateur : Bino TEME, IER - Bamako

- 16h45-17h15      **« Formations végétales : ressources et dynamiques »**  
Pierre HIERNAUX, ILRI-Niamey, et Lassine DIARRA, IER – Bamako
- 17h15-17h45      **« Problématique de la gestion du bourgou »**  
Amadou KODIO, IER - Mopti
- 17h45-18h15      **« Systèmes de production agricoles et pastoraux »**  
Salmana CISSE, IER – Mopti

**16 janvier 2002****Session : « Environnement et systèmes d'exploitation (2) »**

Modérateur : Jean-René DURAND, IRD – Dakar

- 8h00-8h30      **« Usages et foncier »**  
Olivier BARRIERE, IRD - Dakar
- 8h30-9h00      **« DELMASIG : Un SIG d'aide à la décision pour une gestion régionale et locale »**  
Jérôme MARIE, Université de Paris X- Nanterre
- 9h00-10h30      Séance de questions
- 10h30-10h45      Pause
- 10h45-12h00      Réponses aux questions non traitées
- 12h00-14h00      Déjeuner
- 14h00-16h30      **Synthèse générale**  
Monsieur Bino **TEME**, Directeur Général, IER - Bamako  
Professeur Jérôme **MARIE**, Université de Paris X– Nanterre
- 16h30-17h00      Clôture

## HYDROLOGIE /HYDRAULIQUE

**La ressource en eau** est le moteur du fonctionnement du delta intérieur du Niger. Sa gestion doit bien évidemment s'appuyer sur les besoins des populations qui ont cette eau, ou les ressources qui en découlent, en partage, mais doit d'abord prendre en compte **sa disponibilité**.

Le fonctionnement du système « Delta intérieur » c'est d'abord l'amont, l'eau qui féconde, et puis c'est l'espace deltaïque, l'aval qui enfante, crée fourrages, ressources halieutiques et cultures vivrières. Mais la terre du delta c'est encore l'amont ; les flux hydriques ont entraîné les flux solides, d'argiles, de limons et de sables, leur charge dissoute de minéraux, de nutriments.

Les recherches hydrologiques doivent donc être en mesure de fournir une information sur **la ressource en eau et ses flux associés sur le bassin du Niger dans toute sa variabilité :**

- que celle-ci soit **géographique** et il faudra distinguer les aires contributives à l'alimentation du fleuve et les aires consommatrices, autrement dit les aires où le bilan hydrologique est positif (avec son résidu exportable qui est le débit transitant à un lieu donné), et celles où il est négatif (avec des pertes par évapotranspiration naturelle ou d'origine anthropique).
- que celle-ci soit **saisonnière** (crues et étiages et évolution de l'amont vers l'aval), plus ou moins abondante suivant le climat, et c'est ce que l'on précise dans l'étude des régimes hydrologiques.
- que celle-ci soit **pluriannuelle**, aussi bien comme le résultat statistique d'une variabilité interannuelle de précipitations aléatoires, que comme la conséquence d'évolutions climatiques, suivant une tendance donnée, ou affichant une réelle rupture climatique dans le régime et l'abondance des pluies.

C'est cette connaissance de la variabilité des ressources en eau qui peut permettre d'en définir la part exploitable, de réfléchir et s'accorder sur un partage au niveau de l'Etat – qui doit prendre en compte la gestion des autres Etats riverains du fleuve Niger – au niveau de la région afin d'arbitrer entre les différents usages et les utilisateurs de la ressource.

Le champ des **recherches hydrologiques** est vaste ; celles-ci se sont **orientées**, pour le Delta intérieur et le Niger Supérieur, sur des travaux susceptibles de répondre à différents **types de prévision :**

- dans le temps , de quelques heures à quelques jours ( prévision de crues ou d'inondations), ou de quelques mois à l'année (calcul des écoulements, au pas de temps mensuel ou annue, mais aussi sur le long terme (prédétermination statistique sur la base de reconstitution de séries hydrologiques; analyse des maximums de crue et des écoulements annuels),
- dans l'espace, soit sur une station donnée (extension des données, lacunes, etc.), ou sur de petits bassins, à l'échelle de l'averse (relations pluie-débit et hydrogrammes-types), soit sur de grands bassins versants (relations globales et propagation des écoulements), soit encore sur des bassins non jaugés (analyse spatiale des paramètres hydrologiques et cartographie).

Les objectifs de la prévision en hydrologie peuvent être **liés au risque**, comme la **prévision de crue en temps réel** (systèmes d'alerte et d'annonce de crue, gestion du risque à l'aval, gestion de réservoirs) ou la **prédétermination d'événements rares**, crues exceptionnelles en liaison avec la conception d'ouvrages (ponts, digues, barrages), étiages en rapport avec les besoins en eau (sécheresses), ou **liés aux usages des ressources en eau** comme l'**évaluation des ressources en eau**, des écoulements annuels, du remplissage des retenues, des défaillances statistiques, ou enfin **liés à une meilleure connaissance du cycle de l'eau et de la géodynamique d'un hydrosystème** (thèmes de recherche plus académiques).

Pour cela, **les outils utilisés sont variés** :

- Relations pluie-débit, régressions, modèles hydrologiques de production des débits, bilan hydrologique au pas de temps mensuel ou annuel, méthode de l'hydrogramme unitaire, etc...*Précipitations, variables climatiques et évapotranspiration, humidité du sol, variables physiographiques, géométrie et taille des bassins, relief et pentes, drainage du bassin, perméabilité des sols et substratum géologique, relations avec les aquifères, végétation...*  
Calage sur les données hydrologiques existantes.

- Transfert des écoulements, modèles de propagation des débits (modèles hydrauliques), régressions entre débit ou hauteur d'eau de stations amont et station d'étude, auto-régression statistique des débits de la station ,etc...*Chronique des débits, hauteurs d'eau caractéristiques hydrauliques du réseau, section et longueur des segments de biefs pris en compte, pentes, rugosité du lit du cours d'eau, évaporation (zones marécageuses)* Calage sur les séries d'observation.

Dans le cas de **données de débits** limitées, ce qui est souvent le cas en Afrique et au Mali, l'hydrologue est amené à utiliser :

- des chroniques anciennes de débits de stations fermées ou abandonnées; ou des données de stations de référence (observatoires et réseau Whycos de l'Organisation Mondiale de la météorologie, WMO).

- les données limnimétriques de certaines stations non jaugées, (la détermination des débits étant obtenue par les formules Manning-Strickler; le niveau de remplissage de réservoirs et la cubature de la retenue).

Pour les **données de précipitations**, la faible densité du réseau, les lacunes, nécessitent d'étudier la distribution spatiale et saisonnière des pluies et de fournir une information régionale sur la statistique des précipitations journalières et les intensités des averses, en introduisant parfois des technologies nouvelles (détermination par télédétection des précipitations). Les **données climatiques** intervenant dans le bilan hydrologique sont également utilisées pour une régionalisation à partir de stations synoptiques des paramètres servant au calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP journalière et mensuelle); humidité du sol (réserve disponible pour l'évaporation); indices saisonniers de végétation déterminés par télédétection.

Enfin, les **données physiographiques** des bassins sont utilisées pour établir des régressions avec les paramètres de l'écoulement et les appliquer aux bassins non jaugés de même type (cartographie existante, occupation des sols et géomorphologie des bassins, analyses par télédétection).

Les éléments de cette longue énumération se retrouvent dans la recherche hydrologique sur le bassin du Niger au Mali à travers de multiples publications qu'il s'agisse de la mise en œuvre de la collecte des données , de leur analyse et de la modélisation hydrologique (modèles de

production pluies-débits, ou de production de sédiments, modèles de propagation et ingénierie).

Ce chapitre « Hydrologie-Hydraulique » ne pouvait couvrir qu'un petit aspect des travaux réalisés. Le choix s'est porté sur trois communications :

- Fonctionnement hydrogéodynamique du delta intérieur du fleuve Niger et ressources hydriques du bassin supérieur, par l'auteur de ces lignes qui a dirigé de 1989 à 1999 les recherches hydrologiques de l'ORSTOM-IRD au Mali, note passant en revue divers travaux sur les écoulements et les transports de matière et la qualité des eaux.
- Variabilité des paramètres hydrologiques, par Almoustapha Fofana, article qui produit un ensemble de données actualisées jusqu'en 2001 sur les débits et volumes écoulés sur le Niger supérieur et dans la traversée du delta intérieur, article parfaitement illustré.
- Les modèles de circulation d'eau : synthèse rapide, par Jean A. Cunge, des types de modèles hydrologiques et hydrauliques qui ont été utilisés au Mali sur le fleuve Niger et le delta.

Une prochaine étape de cette phase de réflexion devant précéder une expertise collégiale pourrait consister à faire une réelle analyse des résultats scientifiques obtenus dans les différentes recherches réalisées au Mali, aux fins d'abord de vérifier leur actuelle validité, par exemple, en regard des variations climatiques, aux fins, ensuite, de retenir les éléments qui sont importants pour la compréhension de l'hydrosystème et sa gestion intégrée (ressources, sociétés, environnement).

## **Fonctionnement hydrogéodynamique du delta intérieur du Niger et ressources hydriques du bassin amont.**

**Jean-Claude OLIVRY**

Le programme sur l'environnement et la qualité des apports fluviaux du Niger au Sahel (EQUANIS) s'est attaché à mettre en place, de 1990 à 1998 au Mali, un réseau de stations d'observation des flux hydriques et des matières particulaires et dissoutes, et à développer sur le Delta intérieur du Niger des recherches sur le fonctionnement hydrogéodynamique actuel du milieu naturel, qui conditionne une relative concentration de ressources naturelles renouvelables. Ce programme s'est ensuite intégré, par le biais d'une Zone Atelier pluridisciplinaire du GIP Hydrosystèmes, au projet de recherche sur la gestion intégrée et à l'exploitation des ressources dans le Delta intérieur du Niger. Les activités de production des hommes (pêche, agriculture, élevage) et l'évolution de l'équilibre homme/hydrosystème dépendent directement de ces ressources liées à la présence de l'eau

L'hydrologie du fleuve est bien connue (des ouvrages de référence existent) et les travaux des dernières décennies ont surtout mis l'accent sur les variations climatiques qui ont entraîné une baisse importante de la ressource souvent plus durable que celle des précipitations à l'échelle de l'année, par épuisement des ressources souterraines. Ces phénomènes naturels ramènent à une échelle très modeste le poids des aménagements hydrauliques existant actuellement sur le bassin amont et sur l'évolution du régime hydrologique du fleuve. La dynamique des phénomènes de durabilité du déficit des fleuves soudaniens a été explicitée dans de nombreux articles et synthèses ; on a montré qu'un « retour à l'humide » n'avait pas de conséquences immédiates sur le bilan des écoulements du fleuve Niger et du Bani. La saisonnalité des écoulements et la traversée du Delta Intérieur par le fleuve Niger avec, au moment de la crue, inondation des plaines basses, remplissage éventuel des lacs de bordure, extension de surfaces inondées et ralentissement considérable des écoulements, ont fait l'objet de travaux très détaillés et de modèles physiques montrant l'opposition entre un delta amont caractérisé par ses plaines et un delta aval marqué par la traversée d'un erg fossile entre le lac Débo et Tombouctou.

Le Delta intérieur constitue un vaste ensemble d'environ 50 000 kilomètres carrés qui comprend lacs et plaines d'inondation où les pertes annuelles, dues essentiellement à l'évaporation, varient de 40 à 60 milliards de mètres cubes, soit 47 % des entrées en période humide et 30 % en période sèche du fait de la réduction des zones inondées. Une partie des travaux s'est orientée sur la prévision des surfaces inondées au moment de la crue, paramètre en rapport direct avec la production halieutique. Les travaux les plus récents sont orientés sur l'étude de l'imagerie satellitaire.

Dépendant directement du régime des flux hydriques, le transport de matières particulaires et dissoutes a fait l'objet d'études approfondies (dont deux thèses sur le delta et deux autres sur des aspects amont du bassin du Niger). L'étude des matières en suspension dans les eaux des bassins amont indique des variations saisonnières des concentrations caractéristiques des fleuves tropicaux (elles dépassent rarement 100 milligrammes par litre pour le Niger et 200 à 250 milligrammes par litre pour le Bani, au début de la saison des pluies, et tombent en saison de basses eaux jusqu'à 5 milligrammes par litre). Les concentrations moyennes annuelles varient de 22 à 27 milligrammes par litre sur le Niger et de 49 à 75 milligrammes par litre

pour le Bani. En termes d'érosion spécifique, la dégradation moyenne annuelle varie de 6 à 12 tonnes par kilomètre carré et par an pour le Niger à Banankoro, et de 2,3 à 7,3 tonnes par kilomètre carré et par an seulement pour le Bani à Douna. Les plus fortes valeurs correspondent à la période 1994-95 qui a vu le flux de matières particulaires passer à 2,3 millions de tonnes, contre 1 million de tonnes durant 1992-1993.

L'étude des transports des matières dissoutes montre des concentrations comprises entre 30 et 80 milligrammes par litre pour le Niger à Banankoro, et entre 20 et 100 milligrammes par litre pour le Bani à Douna, avec les plus fortes concentrations en fin de saison sèche et un minimum dès le début de la montée de la crue. Les flux spécifiques de matières dissoutes observés sont de l'ordre de 11 à 20 tonnes par kilomètre carré et par an sur le Niger à Banankoro, et seulement de 2,6 à 5 tonnes par kilomètre carré et par an sur le Bani à Douna. Comme pour les suspensions, les concentrations moyennes varient peu d'une année à l'autre et l'importance du flux de matières est d'abord liée à celle du flux hydrique. Le flux de matières dissoutes qui parviennent au delta est de 1,2 Millions de tonnes pour la période 1992-1993 et de plus de 2 Millions de tonnes pour la période 1994-1995.

Dans la traversée du delta intérieur, les mesures faites à Diré ont montré, pour les années caractérisant l'appauvrissement de la ressource en eau depuis deux décennies, qu'environ  $\frac{1}{4}$  des charges en suspension et dissoutes se déposait dans le delta intérieur. Le bilan général de l'évolution de ces flux, calculée sur la période hydrologique 1992-1993 montre que la charge globale mesurée à Diré tombe à 790 000 tonnes pour les suspensions et à 890 000 tonnes pour les matières dissoutes. L'ensemble du delta intérieur a retenu 244 000 tonnes de suspensions et 300 000 tonnes de sels. En revanche, la période 1994-1995 est marquée par des dépôts plus importants qui totalisent près de la moitié des apports amont, dont 40% de la charge en suspension.

Les mesures intermédiaires effectuées aux sorties du lac Débo montrent un comportement très différent des parties amont et aval du Delta intérieur. Ainsi, le bilan annuel met en évidence un piégeage de 331 000 tonnes de suspensions avant le lac Débo et, au contraire, un gain de 87 000 tonnes entre le lac Débo et Diré. Il y a décantation de près d'un tiers de la charge solide dans les plaines d'inondation de la zone amont, alors que les phénomènes de reprise dans la zone aval excèdent largement la décantation. Le calcul des concentrations moyennes annuelles des suspensions suggère deux fonctionnements :

- **partie amont du delta** : la baisse de concentration des MES (-8,4 milligrammes par litre) pourrait indiquer qu'au piégeage de matière lié aux pertes en eau dans les plaines d'inondation s'ajoute une décantation des suspensions des eaux faisant retour au réseau en décrue.
- **partie aval du delta** : la concentration augmente par rapport aux sorties du lac Débo ; les apports complémentaires sont dus probablement aux reprises de berges par effet du vent ou dépôts de poussières atmosphériques.

D'autres travaux sur la qualité des eaux ont montré que les pollutions de type agricole ou industriel (métaux lourds) n'étaient pas sensibles dans les eaux du fleuve Niger dans sa traversée du Delta.

En conclusion, il paraît important de ne pas dissocier le fonctionnement physique de l'hydrosystème delta de celui du bassin amont du fleuve Niger, le premier n'existant, avec son potentiel de ressources renouvelables, que grâce aux apports hydriques dont l'essentiel vient de Guinée.

## Références bibliographiques

- BAMBA, F., MAHE, G., BRICQUET, J.P. et OLIVRY, J.C.** (1996b) « Changements climatiques et variabilité des ressources en eau des bassins du Haut Niger et de la Cuvette Lacustre. », *In : Réseaux hydrométriques, réseaux télématiques, réseaux scientifiques : nouveaux visages de l'Hydrologie Régionale en Afrique . XIIèmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM (Montpellier, 10-11 octobre 1996), 21p*
- BRICQUET J.P., MAHE G., BAMBA F. et OLIVRY J.C.** (1995), « Changements climatiques récents et modifications du fleuve Niger à Koulikoro (Mali) ». *In : L'Hydrologie Tropicale. Géoscience et outil pour le développement (Colloque J. Rodier. 2-3 mai 1995), AISH, Publ. 238, pp.157-166.*
- BRICQUET J.P., BAMBA F., MAHE G., TOURE M. & OLIVRY J.C.** (1997). « Evolution récente des ressources en eau de l'Afrique atlantique. », *Revue des Sciences de l'eau, Vol.3, pp.321-337.*
- BRUNET - MORET Y., CHAPERON P., LAMAGAT J.P. et MOLINIER M.** (1986), « Monographie hydrologique du fleuve Niger. », Coll. Monog. Hydrol. No. 8, ORSTOM, Paris. Tome I : Niger supérieur 396 p., Tome II Cuvette Lacustre et Niger moyen 506 p.
- CENSIER, C., OLIVRY, J.C., BRICQUET, J.P. :** (1995), « Les apports détritiques terrigènes dans la cuvette lacustre du Niger entre Mopti et Kona (Mali) », *In "Grands Bassins Fluviaux" (J.C. Olivry et J. Boulègue Ed. Sci.), Actes du Colloque PEGI, 22-24 Novembre 1993. Colloques et Séminaires ORSTOM, pp. 305-315.*
- COULIBALY, A., DERLON, J.P.** (1995), « Pollution des eaux du fleuve Banifing par les intrants agricoles chimiques ». *Rapport Principal. CMDT (Compagnie Maliennne pour les Développement des Textiles), 15p.+annexes.*
- CUNGE, J.A., HOLLY, F.M., VERWEY, A.** (1980) , «Practicle aspects of computational River Hydraulics. », *Monographs and surveys in Water Ressources Engineering, Vol. 3, 420 p.*
- DIARRA, A., SOUMAGUEL, A.** (1997), « Influence du barrage de Sélingué sur le régime hydrologique du fleuve Niger. », *In : Sustainability of water Resources under increasing Uncertainty (Proceeding of the Rabat Symposium, April 1997), AISG No 240, pp.277-286.*
- DROUX, J.P.** (1999), « Hydrologie et flux de matières particulières et dissoutes sur petits bassins versants du bassin du fleuve Niger au Mali » . *Bassins du Dounfing, de Djitiko et de Belekoni. Thèse de doctorat de l'Université Louis Pasteur- STRASBOURG I- Mention géographie, soutenance le 1/07/1999.*
- GOURCY, L.** (1994), « Fonctionnement hydrogéochimique de la cuvette lacustre du fleuve Niger (Mali). », *Thèse Doct. Sciences, Univ. Paris XI, Orsay, 271 p.*
- GOURCY, L. et SONDAG F.** (1995), « Premiers résultats sur la distribution et le bilan des éléments majeurs dissous dans la cuvette lacustre du fleuve Niger (Mali) (année 1990-1991). » *In "Grands Bassins Fluviaux" (J.C. Olivry et J. Boulègue Ed. Sci.), Actes du Colloque PEGI, 22-24 Novembre 1993. Col. Colloques et Séminaires ORSTOM, pp. 293-304.*
- HASSANE A., KUPER M. et ORANGE D..** 2000. « Influence des aménagements hydrauliques et hydroagricoles du Niger supérieur sur l'onde de la crue du delta intérieur du Niger au Mali. » , *Sud Sciences et Technologies N° 5 : 16-31.*
- IWACO B.V., Delft hydraulics** (1996), « Projet pilote Guinée-Mali de création d'un système intégré de suivi hydro-écologique du bassin de Niger supérieur. », *Rapport final. Ministère de l'énergie et de l'environnement. Ministère de l'agriculture de l'élevage et des forêts. Conakry. Guinée. Ministère du développement rural et de l'environnement. Ministère de l'énergie et de l'hydraulique. Bamako. Mali,*
- JOIGNEREZ, A., GUIGUEN, NOËL** (1992) « Evaluation des ressources en eau non pérennes du Mali. », *Rapport final ORSTOM Montpellier, 107 p.*

- KUPER, M., HASSANE, A., ORANGE, D., CHOHN-KUPER, A., SOW, M.** « Régulation, utilisation et partage des eaux du fleuve Niger : l'impact de la gestion des aménagements hydrauliques sur l'Office du Niger et le delta intérieur du Niger au Mali. »
- LAMAGAT J.P. (1987)** : « Modèle de propagation des crues du Niger entre Koulikoro et Niamey. » ORSTOM-CEE-ABN, Paris, 93p.
- LAMAGAT, J.P. et MOLINIER, M (1983).** « Etude des anomalies des crues du Niger. », *Travaux et Documents de l'ORSTOM, No.161., Paris, 112p.*
- LAMAGAT, J.P., SAMBOU, S., ALBERGEL, J. (1996)** , « Analyse statistique de l'écoulement d'un fleuve dans une plaine d'inondation : application aux cotes maximales du fleuve Niger dans la cuvette lacustre. », *In : L'Hydrologie Tropicale. Géoscience et outil pour le développement (Paris 3-4 mai 1995). AISH, Publ. 238. pp. 367-379.*
- MAHE G. et OLIVRY J.C. (1991)**, « Les changements climatiques et variations des écoulements en Afrique occidentale et centrale, du mensuel à l'interrannuel. », *In : Hydrology for the Water Management of Large Rivers Basins. Proceeding of the Vienna symposium, August 1991. IAHS Publ, No.201, pp.163-172.*
- MAHE G., OLIVRY J.C. (1995)**, « Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989. », *Sécheresse No.1, Vol. 6, pp.109-117.*
- MAHE, G., BRICQUET, J.P., SOUMAGUEL, A., BAMBA, F., DIABATE, M., HENRY DES TUREAUX, T., KONDE, C., LEROUX, J.F., MAHIEUX, A., OLIVRY, J.C., ORANGE, D., PICOUET, C. (1997)**, « Bilan hydrologique du Niger à Koulikoro depuis le début du siècle. », *In: FRIEND'97. Proceedings of Ljubljana 15-18 1997. pp. 191-200.*
- MAHÉ, G., DESSOUASSI, R., CISSOKO, B., OLIVRY, J.C. (1998)**, « Comparaison des fluctuations interannuelles de piézométrie, précipitation et de débit sur le bassin versant du Bani à Douna au Mali. », *In : Water Ressources Variability in Africa during the XXth Century. Proc. Abidjan, Nov. 1998. Côte d'Ivoire. IAHS Publ. No.252, pp. 289-296.*
- MAIGA H.A. (1998)**, « Effets des sécheresses et étiages dans le bassin moyen du fleuve Niger au Mali », *. in Water resources Variability in Africa during the XXth Century (Proceedings of the Abidjan'98 Conference) IAHS Publ.n°252 pp.437-443.*
- MARIEU, B., BAMBA, F., BRICQUET, J.P., CISSÉ, N., GRÉARD, M., MAHÉ, G., MAHIEUX, A., OLIVRY, J.C., ORANGE, D., PICOUET, C. (1997)**, « Actualisation des données hydrométriques du fleuve Niger au Mali. », *Rapport interne ORSTOM (programme PEGI/GBF/EQUANIS - Volet Hydrologie), Bamako, décembre 1997, 81p.*
- OLIVRY, J.C. (1995)**, « Fonctionnement hydrologique de la Cuvette Lacustre du Niger et essai de modélisation de l'inondation du Delta intérieur. », *In "Grands Bassins Fluviaux" (J.C. Olivry et J. Boulègue Ed. Sci.), Actes du Colloque PEGI, 22-24 Novembre 1993. Colloques et Séminaires ORSTOM, pp 267-280.*
- OLIVRY, J.C. (1998)**, « Hydrologie et géochimie du bassin soudano-sahélien du fleuve Niger. », *In : Hydrologie et géochimie isotopique. Colloques et Séminaires, Ed ORSTOM. pp.73-95.*
- OLIVRY, J.C., BRICQUET, J.P., BAMBA, F. & DIARRA M. (1995a)**, « Le régime hydrologique du Niger supérieur et le déficit des deux dernières décennies. », *In "Grands Bassins Fluviaux" (J.C. Olivry et J. Boulègue Ed. Sci.), Actes du Colloque PEGI, 22-24 Novembre 1993. Colloques et Séminaires ORSTOM, pp 251-266.*
- OLIVRY, J.C., GOURCY, L. et TOURE, M. (1995b)**, « Premiers résultats sur la mesure des flux de matières dissoutes et particulaires dans les apports du Niger au Sahel. », *In "Grands Bassins Fluviaux" (J.C. Olivry et J. Boulègue Ed. Sci.), Actes du Colloque PEGI, 22-24 Novembre 1993. Colloques et Séminaires ORSTOM, pp. 281-292*
- OLIVRY, J.C., PICOUET, C., ORANGE, D., DROUX, J.P., BRICQUET, J.P., LARAQUE, A., FRITSCH, J.M. (1996)**, « Transport particulaire dans le delta central du Niger (Bilan de 4 années d'observations). », *Communication, Colloque Gip-Hydrosystème, Toulouse, mars 1996.*

- PICOUET, C., ORANGE, D., BRICQUET, J.P., OLIVRY, J.C.** (1998) « Conséquence de la variabilité hydrologique du Niger supérieur au Mali sur le transport particulaire : cycle annuel et variabilité Interannuelle. », *In : Water Ressources Variability in Africa During the XXth Century (International Conference Abidjan '98, November 16 - 19, 1998, Abidjan - Côte d'Ivoire), Recueil des Posters, pp. 143-149.*
- PICOUET, C.** (1999), « Géodynamique d'un hydrosystème tropical peu anthropisé; le bassin supérieur du Niger et son delta intérieur. », *Thèse de Doctorat Université de Montpellier 2.*
- SOGREAH.** 1997. « Barrage de Markala, Consignes générales d'exploitations et d'entretien. » *Grenoble, France*
- SOUMAGUEL A.** 1995., « Influence du barrage de Sélingué sur le régime hydrologique du Niger. », *Mémoire de fin d'études. AGRHYMET, Niamey, Niger. 69 p.*

## Variabilité des paramètres hydrologiques du fleuve Niger

**Almoustapha FOFANA**

Le Mali est arrosé par deux grands fleuves de l'Afrique de l'Ouest : le fleuve Niger et le fleuve Sénégal. Les bassins de ces deux fleuves occupent respectivement 330 000 kilomètres carrés pour le Niger et 155 000 kilomètres carrés pour le Sénégal. Le Mali contient également 3,1% de la superficie du bassin du fleuve Volta, soit 12 430 kilomètres carrés, qui représente le bassin du Sourou, affluent de la Volta noire (Mouhoun).

Par ailleurs, le Mali compte dix-sept grands lacs situés dans la partie septentrionale du pays, principalement sur la rive gauche du fleuve Niger dont les principaux sont les lacs Faguibine, Télé, Gouber, Kamango, Daoukiré, Daoua, Fati, Horo, Kabara et Débo.

L'hydrographie du fleuve étant bien connue, on se contentera de rappeler ici que ce fleuve est constitué par la réunion de quatre branches mères en Guinée (le Niger lui-même, le Tinkisso, le Niandan et le Milo). Au Mali, le bassin du fleuve est conventionnellement subdivisé en trois parties: le haut Niger allant de la frontière guinéenne à Ké Macina ; le delta intérieur allant de Ké Macina à Koryoumé (Tombouctou) ; le Niger moyen allant de Koryoumé à la frontière nigérienne.

Quant aux apports, le débit moyen annuel du Niger à Koulikoro sur la période 1952–1999 est de 1 280 mètres cubes par seconde soit un *volume annuel de 40,4 milliards de mètres cubes*. Les valeurs extrêmes observées en année humide comme 1967 et en année sèche comme 1984 sont respectivement de 1 950 mètres cubes par seconde soit *61,5 milliards de mètres cubes* et 636 mètres cubes par seconde soit *20 milliards de mètres cubes*.

Depuis 1982, les débits du fleuve Niger sont contrôlés par le barrage de Sélingué d'une capacité de 2 milliards de mètres cubes, situé sur le Sankarani. Les apports moyens du Sankarani à Sélingué entre 1964 et 1999 sont estimés à *8,5 milliards* (270 mètres cubes par seconde). Ils ont varié entre *4 milliards de mètres cubes* en 1984 et *14 milliards de mètres cubes* en 1967. Le débit moyen annuel du Bani à Douna est de 424 mètres cubes par seconde soit un écoulement annuel de *13,4 milliards de mètres cubes*. Les valeurs extrêmes observées en 1967 et 1984 sont respectivement de 754 mètres cubes par seconde soit *24 milliards de mètres cubes* et 70,2 mètres cubes par seconde soit *2 milliards de mètres cubes*.

Ainsi, le fleuve Niger et ses principaux affluents (Sankarani et Bani), ont eu un écoulement moyen annuel de 1704 mètres cubes par seconde durant la période 1952-1999, soit un volume de *54 milliards de mètres cubes*. Les valeurs extrêmes observées sont de 2704 mètres cubes par seconde soit *85 milliards de mètres cubes* en 1967 et 706 mètres cubes par seconde soit *22 milliards de mètres cubes* en 1984.

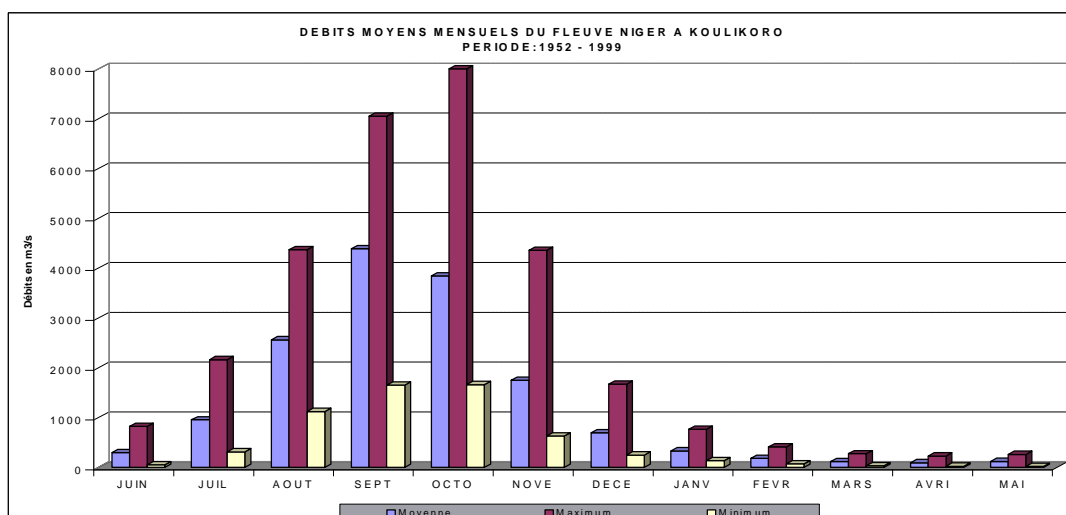


Figure 1

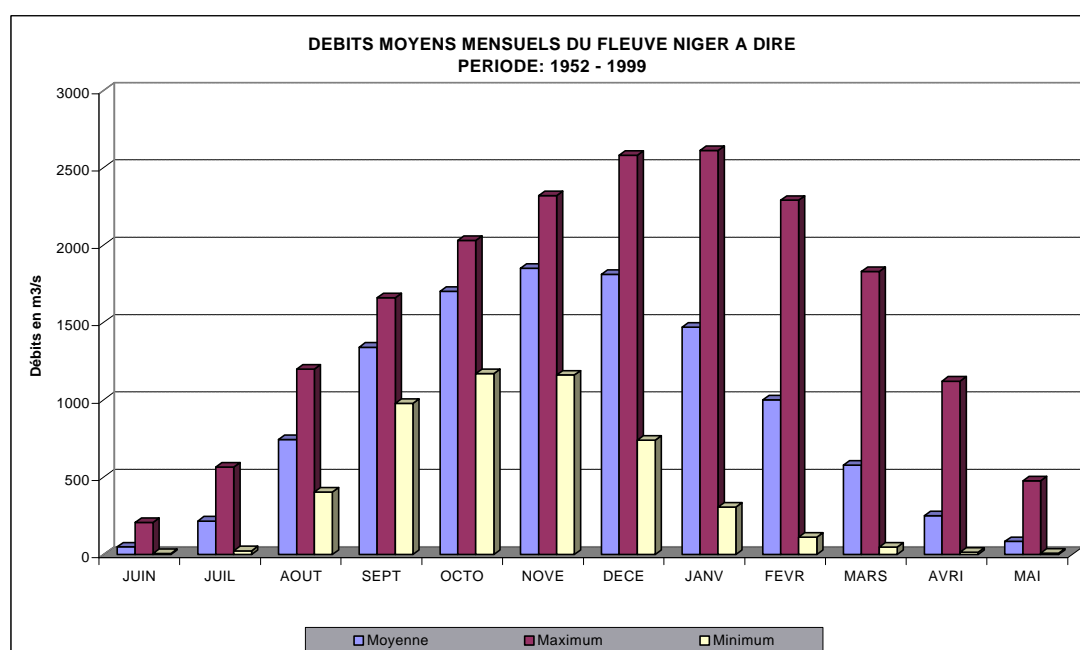


Figure 2

Le débit moyen annuel du fleuve Niger à Diré à la sortie du delta intérieur, est de 926 mètres cubes par seconde soit un écoulement annuel de 29,2 *milliards de mètres cubes*. Les valeurs observées en année humide (1967) et en année sèche (1984) sont respectivement de 1070 mètres cubes par seconde soit 33,7 *milliards de mètres cubes* et 462 m<sup>3</sup>/s soit 14,6 *milliards de mètres cubes*.

Les pertes d'eau lors du passage dans le delta sont donc de l'ordre de 25 *milliards de mètres cubes* en moyenne sur la période 1952 – 1999 soit 46% du volume entrant.

### Volume moyen inter- annuel écoulé dans le Niger et le Bani

Fleuves	Stations	Modules (m <sup>3</sup> /s)	Volumes écoulés milliards m <sup>3</sup>
Niger	Koulikoro	1280	40.36608
Bani	Douna	424	13.371264
Niger	Mopti	974	30.716064
Niger	Dire	926	29.202336
Niger	Ansongo	864	27.247104

Tableau 1 : Volumes moyens annuels écoulés dans les principaux cours d'eau du Mali

Dans cette présentation, la variable hydrologique la plus importante est le débit. Ce paramètre nous permet de mieux cerner le comportement hydrologique du cours d'eau. La relation qui existe entre le débit d'un cours d'eau dans une section transversale et la hauteur sous laquelle ce débit s'écoule, est une fonction très complexe des caractéristiques géométriques et hydrauliques de la section considérée et du bief qui la contient, bief dont l'extension peut être considérable. Ainsi une longue série d'observations des hauteurs d'eau au niveau des stations choisies traduites en débits a permis d'obtenir la tendance représentée à la figure 3.

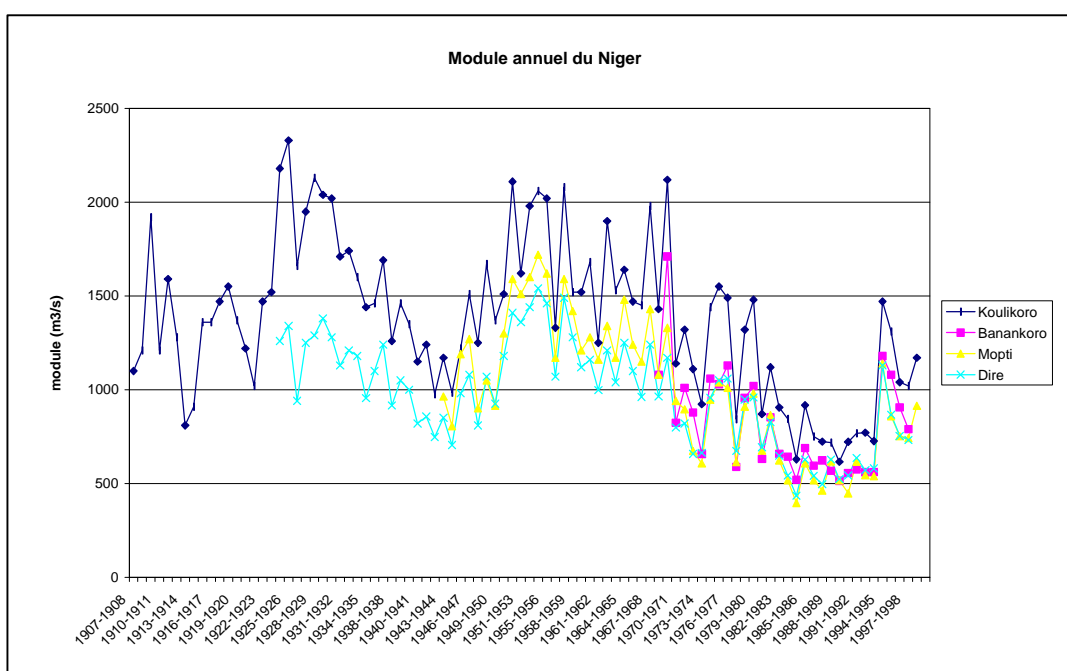


Figure 3 : Variation du module annuel des quatre stations hydrométriques

Les stations hydrométriques choisies sont celles qui sont régulièrement bien suivies et la plus longue série d'observations est celle de Koulikoro qui date de 1907. Le module annuel de ces stations varie entre 480 et 2 500 mètres cubes par seconde (cf . Figure 3).

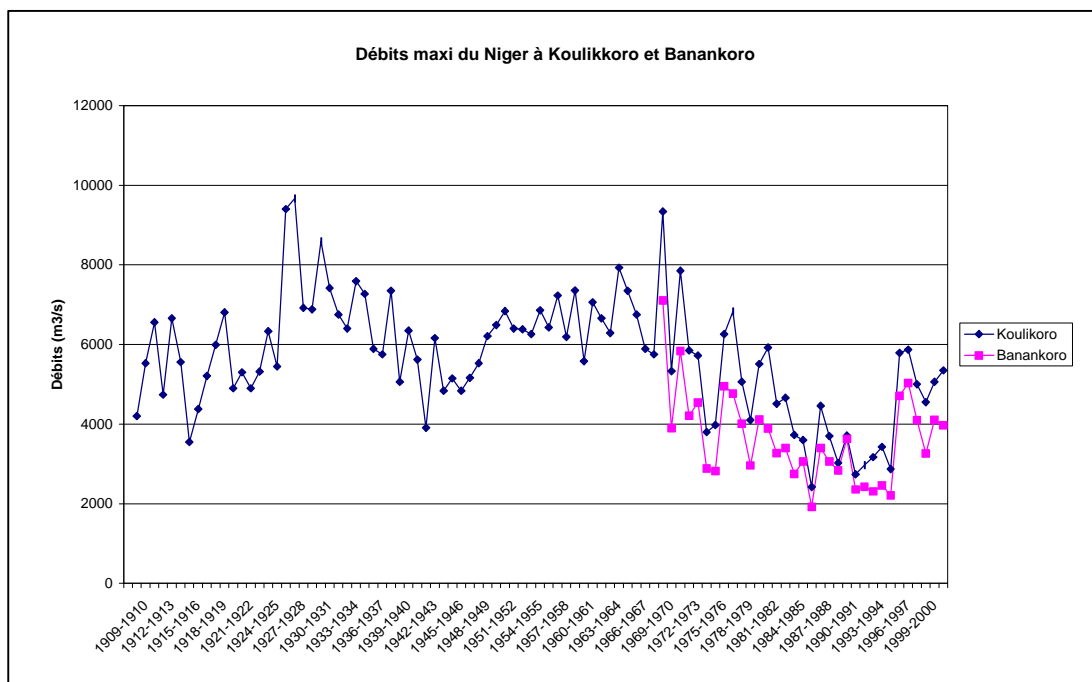


Figure 4 : Débits maximaux du fleuve Niger à Koulikoro et Banankoro

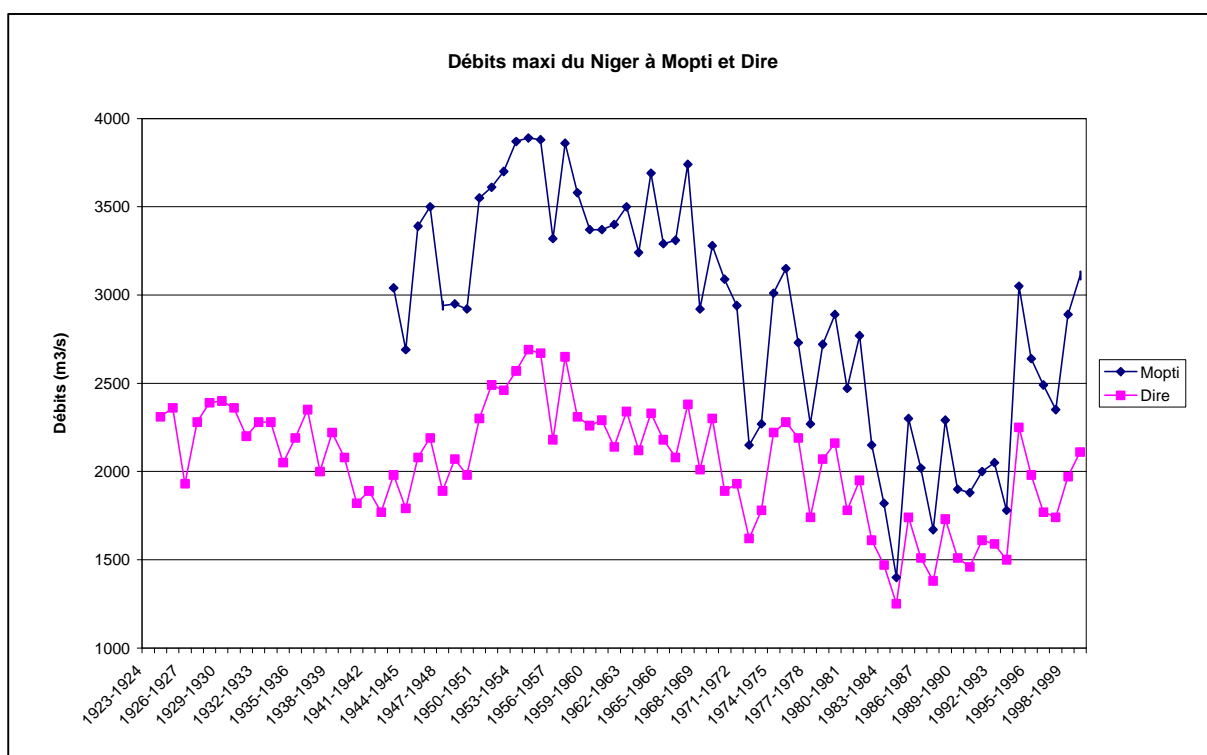


Figure 5 : Débits maximaux du fleuve Niger à Mopti et Dire

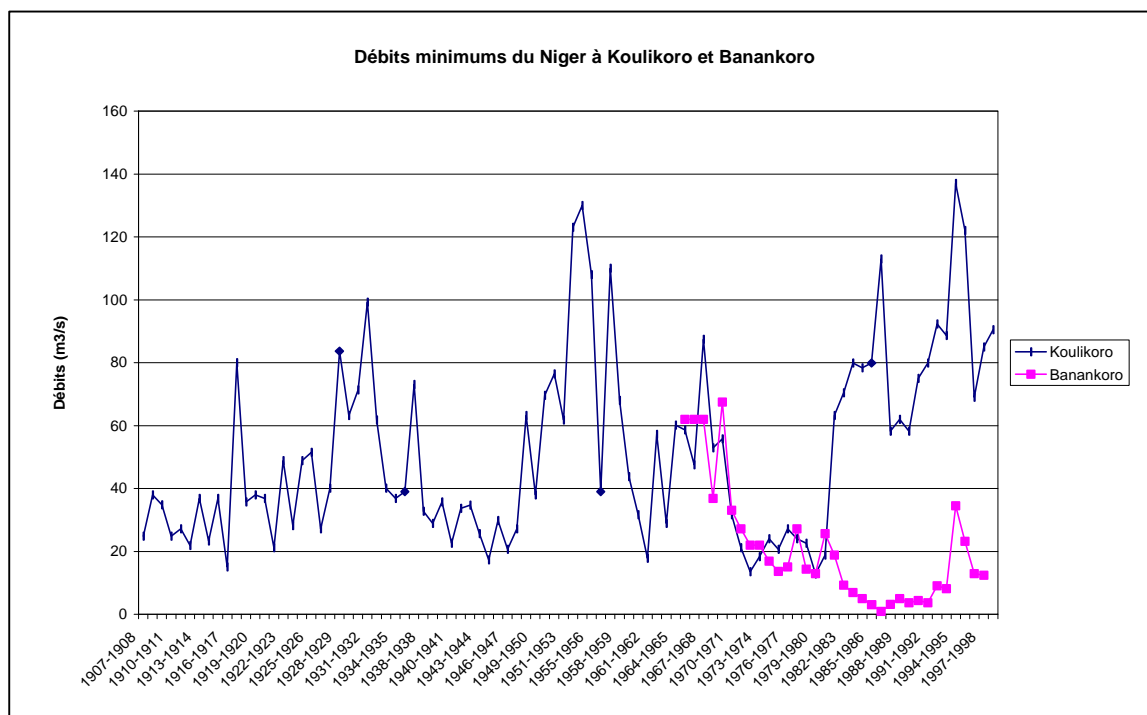


Figure 6 : Débits minimums du fleuve Niger à Koulikoro et Banankoro

La figure 6 montre l'influence de la retenue de Sélingué en aval en période d'étiage. Les débits minimums de Banankoro varient entre 0 et 62 mètres cubes par seconde alors que ceux de Koulikoro varient entre 18 et 140 mètres cubes par seconde.

Au fil des années, la variation du module annuel montre une baisse des débits depuis 1967 jusqu'en 1994, où une légère reprise est observée. Cette baisse est liée à la faiblesse de la pluviométrie observée depuis des décennies. La figure 4 montre parfaitement cette tendance.

### Références bibliographiques :

1. Y. BRUNET-MORET, P. CHAPERON, Y P. LAMAGAT, M. MOLINIER : *Monographie hydrologique du fleuve Niger, tomes I et II*
2. *Rapport annuel de Direction Nationale de L'Hydraulique*
3. G. JACCON : *Manuel d'hydrométrie*

## Les modèles de circulation de l'eau - synthèse

Jean A. CUNGE

Par les modèles de circulation on entend ici les modèles de transferts de l'eau, à partir de l'instant où les gouttes de pluie touchent la terre. Il s'agit de phénomènes de pluie, ruissellement, écoulement dans les rivières ou canaux, zones inondables, évapotranspiration, infiltration vers les nappes, échanges nappes/rivières, recharges de nappes. Pour être utile dans ce contexte, la modélisation doit concerner aussi les ouvrages et leur gestion afin de permettre l'utilisation de l'eau pour l'agriculture (irrigation, drainage), la gestion de réservoirs ainsi que la protection des zones sensibles (par exemple digues protégeant des zones inondables).

Les grands principes doivent être abordés avec l'éclairage particulier des méthodologies dont les bases scientifiques sont sûres (c'est-à-dire adoptées comme "état de l'art" ou "bonne pratique" par la communauté internationale) et dont l'application aux bassins tels que celui du Fleuve Niger semble indiquée et/ou possible.

Sans oublier le fondement même du concept de la modélisation et ses limitations : un modèle n'est qu'un modèle ; s'il représente la réalité, cette représentation n'est ni parfaite ni complète. Il existe deux types de modèles : les modèles corrélatifs et les modèles déterministes. Les modèles se caractérisent par leurs concepts, les avantages et désavantages respectifs, leurs relations avec les données disponibles, leurs utilités respectives, notamment pour les projets d'ingénierie.

Voici quelques modèles *déterministes*:

- modélisation hydrologique d'un bassin,
- modélisation unidimensionnelle de la propagation des ondes de crue ou de lâchure le long de cours d'eau, notamment avec des vastes zones inondables,
- modélisation bidimensionnelle de la propagation des crues.

Les aspects importants des modèles sont :

- les différences entre les modèles déterministes et corrélatifs,
- les aspects de la "bonne pratique" actuelle concernant les étapes de la modélisation (construction, calage, validation, exploitation) et du nouveau paradigme entrant en application et qui rejette le calage pour les modèle déterministes,
- la situation actuelle en ce qui concerne les développement des nouvelles méthodes et des outils,
- l'évolution de l'industrialisation des logiciels et la situation sur le marché, notamment la concurrence entre différents produits industriels.

oOo

## La gestion de l'eau à l'Office du Niger

Hamady N'DJIM

Sans rappeler ce que représente l'Office du Niger (ON) pour le Mali, il est devenu opportun de mettre l'accent sur sa gestion de l'eau. Pendant longtemps (de la période coloniale à récemment) on a considéré l'eau comme une ressource abondante. Toutefois, des années de sécheresse nous ont fait constater des assèchements sur certains tronçons du fleuve Niger. Ainsi au cours de la dernière décennie, la gestion de l'eau est entrée dans les critères de choix des aménagements nouveaux ou des réhabilitations à réaliser.

Voici le résumé des conclusions de l'étude environnementale réalisée en 1999 à l'Office du Niger (financée par la Coopération Néerlandaise).

### Rappel des différents systèmes d'irrigation ou de prélèvement d'eau existants sur le fleuve Niger

Du sud au nord et nord-est du Mali on distingue :

- les aménagements par submersion naturelle (irrigation traditionnelle), nombreux dans le delta intérieur du Niger, la zone lacustre et en aval de Gao ;
- les aménagements par submersion contrôlée, par amélioration du système traditionnel (construction de digues, d'ouvrages de contrôle de l'eau, et de canaux de circulation de l'eau) ; ce type est entièrement dépendant de la crue ; il est présent dans les régions de Koulikoro, Ségou, Mopti, Tombouctou et Gao ;
- les aménagements avec maîtrise totale, tel que le Périmètre irrigué de Baguineda et l'Office du Niger, par dérivation de l'eau ;
- les aménagements avec maîtrise de l'eau par pompage (thermique ou solaire) exploités collectivement ou individuellement, et qui sont surtout présents dans la région de Mopti, Tombouctou (principalement Diré pour la culture du blé) et Gao .

### Résumé des conclusions du volet gestion de l'eau de l'étude environnementale :

*Phénomènes apparents de la gestion de l'eau à l'ON :*

- insuffisance du système de drainage,
- faible efficacité du réseau d'irrigation caractérisée par un grand gaspillage d'eau,
- développement des activités hors casiers dans toutes les zones sans respect des normes techniques d'aménagement,
- etc.

*Constats relatifs au régime du fleuve Niger:*

- pas d'impact significatif sur le régime du fleuve,
- amélioration du débit d'étiage du fleuve Niger par le barrage de Sélingué
- impact des prélèvements d'eau à l'Office du Niger en contre saison sur le débit d'étiage du fleuve,
- aucun des différents modèles existants d'étude et de prévisions de crue (dont le modèle mathématique) introduits à travers l'ABN (Autorité du Bassin du Niger) ou autres organismes n'est à ce jour opérationnel au Mali ; seul le modèle CORPRE est utilisé.

- *Constats relatifs à la gestion de l'eau :*
  - il est nécessaire d'améliorer la gestion de l'eau à l'Office, il serait possible de réduire les consommations en eau sans affecter le cycle cultural,
  - le personnel chargé de la distribution de l'eau doit être impliqué dans la gestion,
  - il est indispensable d'améliorer l'équipement des services clés.

Analyse de l'impact des barrages de Markala et Sélingué sur le régime du fleuve Niger :

- Le soutien des débits d'étiage depuis la mise en eau du barrage de Sélingué a permis le développement des cultures de riz en contre-saison à l'Office du Niger, avec un prélèvement d'eau compris entre 80 et 100 mètres cubes par seconde par mois d'étiage ; ce débit peut atteindre **près de 70%** du débit observé en étiage à Koulikoro ;
- Cependant les prélèvements de l'Office du Niger en période de crue, quoique relativement importants (jusqu'à 158 mètres cubes par seconde en septembre 1982), représentent **en moyenne moins de 5%** pendant les mois de septembre à octobre, période du maximum de crue et de prélèvement.

**Tableau n°1:** Prélèvements mensuels moyens de l'Office du Niger (entre 1982 et 1997) en m<sup>3</sup>/s  
Source : SERP/ON (Etude environnementale, 1999)

Année	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An.
1982 97	55.4	55.0	58.9	62.4	78.9	82.1	71.8	85.2	123.8	127.2	98.5	55.0	79.5

**Tableau n°2 :** Prélèvements mensuels de l'Office du Niger exprimés en % des débits de Koulikoro, entre 1982 et 1997.

Source : SERP/ON (Etude environnementale, 1999)

Année	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An.
1982 97	28.9	42.7	52.0	51.6	52.2	31.0	11.6	5.1	4.0	4.9	9.1	13.7	9.2

En **conclusion**, il a été retenu que les aspects suivants devront faire l'objet d'une amélioration :

- la réduction du gaspillage de l'eau à la parcelle,
- l'entretien du réseau tertiaire d'irrigation,
- la formation des exploitants et de l'encadrement à la gestion de l'eau,
- l'aménagement sommaire des hors casiers pour assurer un contrôle de l'eau.

## **INTEGRATION PAR LA MODELISATION**

Les crises économiques et sociales connues par le Delta à partir des années 1970 ont mis en évidence le besoin de faire reconnaître le Delta comme une entité de gestion, et abouti à l'émergence de la notion de gestion intégrée : intégration des processus hydrologiques, biologiques, socio-économiques, intégration géographique (le local et le régional), intégration des acteurs (gestion démocratique et non plus seulement technocratique), intégration des relations entre décision et applications pour le développement rural (dimensions techniques, sociales, scientifiques, etc.).

La modélisation constitue un outil unique pour représenter la dynamique d'un système complexe, pour intégrer des connaissances d'origines disciplinaires diverses et pour fournir un support de négociation aux acteurs qui participent aux projets scientifiques et techniques correspondants.

Le modèle intégré du Delta inclut des mécanismes : (1) hydrologiques : crue, inondation, (2) biologiques : renouvellement de la ressource en poisson, production agricole, démographie des troupeaux, (3) sociaux : choix des activités, comportement économique. Il permet d'analyser les conséquences sur la dynamique du système d'hypothèses sur la crue (intensité, création de barrages), sur la production biologique du système (renouvellement du poisson, fertilité des sols, état sanitaire des troupeaux) et sur le comportement des usagers (préférences pour la pêche, comportement d'investissement).

L'intégration est réalisée à partir d'une représentation spatiale commune, basée sur le choix d'une centaine d'entités spatiales (bras de fleuve, chenaux, plaines inondables), et sur le choix de plusieurs centaines de groupes sociaux (pêcheurs, agriculteurs, éleveurs), réagissant en fonction de la crue, et de la production qu'elle entraîne. Ces entités ont été définies à partir des enquêtes et travaux de recherche antérieurs sur le Delta. Cette structure spatiale permet de représenter les intenses mouvements de tous ordres au sein du Delta: mouvements de l'eau, des populations de poissons, migrations des pêcheurs, déplacements des troupeaux, etc.

Les difficultés inhérentes à la représentation des phénomènes socio-économiques dans un modèle intégré ont ici été résolues, en choisissant de considérer non pas les individus eux-mêmes, mais des groupes homogènes d'individus, non pas leurs stratégies, mais les comportements (migrations, choix entre pêche et agriculture, achats de troupeaux), tels qu'ils ont pu être décrits à partir des enquêtes sur le Delta.

Le modèle a été développé collectivement par des chercheurs d'origines disciplinaires différentes. Des versions intermédiaires ont été présentées aux acteurs de la gestion lors de sessions dédiées. Leurs réactions ont permis de mieux adapter le modèle à leur propre conception du Delta en tant que système.

Dans une première phase, l'accent a été mis sur une élaboration collective du modèle, sur l'intégration des processus hydrauliques, biologiques et socio-économiques, plutôt que sur le raffinement de chacun des composants. Cette approche a permis d'aboutir à un niveau adéquat de description et a confirmé la pertinence de la notion de gestion intégrée d'un écosystème. Cet acquis permet d'envisager maintenant la réalisation d'un modèle plus opérationnel, participant directement à la prise de décision.

## **Le projet Gihrex**

**Didier ORANGE**

Le projet Gihrex (acronyme de « Gestion intégrée, hydrologie, ressources et systèmes d'exploitation ») est né d'une volonté à la fois de concilier recherche et action suite aux expériences scientifiques que l'Orstom (maintenant IRD) avait accumulées sur le delta intérieur du fleuve Niger au Mali, et de répondre à un enjeu majeur du développement qui est de passer de l'exploitation des ressources naturelles à leur gestion en tenant compte de la dynamique à long terme des systèmes physiques, biologiques et anthropiques, et des besoins et usages des populations.

Deux programmes de recherche récents ont très largement alimentés la conception du projet :

- le programme hydrologique « Equanis » (dirigé par J.C. Olivry, 1992-1997) relatif au bilan hydrologique en eau et aux flux de matières sur le bassin supérieur du Niger et son delta intérieur ;
- le programme halieutique « Pêche dans le delta central » (dirigé par J. Quensière, 1986-1994) qui réalisa une approche pluridisciplinaire du système de production halieutique du Delta intérieur du Niger.

### **Contexte**

Le Delta intérieur du fleuve Niger est un exemple d'anthroposystème, où le régime hydrologique, la dynamique de l'environnement (flore, faune et paysages) et les 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 pour la survie de l'écosystème. Ainsi, le projet Gihrex a dû s'intéresser tout à la fois à la compréhension de la dynamique naturelle du delta, à la connaissance des modes d'organisation et d'exploitation par l'homme, et à l'analyse de leur durabilité. Cela a concerné des points aussi divers que : la dynamique de la ressource en eau, la dynamique des écosystèmes aquatiques, la dynamique démographique et les modes d'organisation sociale, la dynamique des productions agricole, pastorale et halieutique, la dynamique environnementale et enfin les compétitions d'allocation des ressources en fonction de ces diverses dynamiques.

### **Objectifs**

Le projet de recherche Gihrex a eu un double objectif : (1) étudier par une approche pluridisciplinaire intégrée les impacts des changements de la disponibilité en eau sur le développement durable et viable des sociétés utilisant les ressources du delta intérieur du Niger au Mali ; et (2) réfléchir sur les moyens, méthodes et outils de transferts de l'information entre les divers niveaux de décision impliqués dans la gestion d'un hydrosystème.

La synergie pluridisciplinaire a été assurée à la fois par la nature même du chantier géographique d'étude : le delta, et par la modélisation intégrée qui a apporté une articulation fonctionnelle de la pluridisciplinarité. La délimitation géographique du delta et sa fonctionnalité ont permis à l'objet géographique de servir de plate-forme de travail. L'utilisation de la modélisation intégrée dès le démarrage du projet a permis de mieux expliciter les questions pertinentes de gestion et de préciser les contributions respectives des recherches thématiques.

## Résultats

Le premier résultat de ce projet est de faire reconnaître l'hydrosystème delta comme une unité de gestion. Aujourd'hui, il est acquis que les projets de développement concernant le delta doivent prendre en compte l'ensemble des systèmes d'exploitation : l'approche systémique est de rigueur. Dans le détail, les résultats du projet Gihrex peuvent être classés selon trois catégories :

- connaissances du milieu et des processus : fonctionnement hydrologique, rôle des lacs périphériques, ensablement et envasement, richesse trophique, fertilité du milieu, état de référence du milieu ;
- analyse des dynamiques spatio-temporelles : esquisse d'un modèle (Midin), suivi de l'inondation par imagerie satellitale ;
- organisation de l'information et des capacités humaines : observatoire de la pêche, infothèque WiseDL, groupe pluridisciplinaire Cerdin .

## Acquis

Le projet Gihrex a donc permis de comprendre les processus de genèse et d'exploitation des ressources naturelles dans le delta en considérant l'eau comme un capital à gérer, et de prévoir leurs évolutions par le biais d'une modélisation intégrée qui permet à la fois la réalisation de scénarios et l'alimentation en informations des négociations entre les acteurs du développement régional. Cette dernière fonction est obtenue en quantifiant l'impact des événements naturels ou anthropiques sur le revenu des exploitants.

Dans un tel projet de modélisation, il ne s'agissait pas de représenter l'ensemble du système avec toutes ses composantes, mais de représenter une partie de la réalité afin de répondre aux questions explicites de gestion. Dans cette perspective, certains processus ou relations sont simplifiés en les considérant comme constants ou externes. Ainsi l'esquisse de modèle qu'est Midin n'est pas un outil de prédiction. En revanche, il peut servir à faire un diagnostic de la situation actuelle pour des questions précises de gestion, et à évaluer les impacts de différents événements.

La définition d'une organisation commune de l'information utile à la gestion répondant à une structure d'observatoire environnemental est également un élément fondamental des acquis du projet Gihrex. Cette structure définit ainsi une articulation des échelles de travail (aussi bien dans le temps que dans l'espace) et une harmonisation des échantillonnages ou enquêtes, qui devront toujours venir nourrir les banques de données (données hydrologiques, géochimiques, biochimiques, hydrobiologiques, socio-économiques, etc.) nécessaires au suivi de la durabilité du delta intérieur du Niger et donc à la prise de décision.

## Conclusion

Le projet Gihrex a tenté de formaliser les impacts de changements de la disponibilité en eau sur le développement durable des sociétés utilisant les ressources du delta, en fournissant : (1) les moyens d'acquisition et de classement des connaissances sur la nature et les sociétés (participant alors aux efforts d'inventaire et de suivi) ; (2) une première expérience d'utilisation des moyens d'analyses dynamiques des impacts climatiques et des aménagements hydro-agricoles (permettant d'envisager diagnostics et thérapies) par des outils aussi complexes que la modélisation intégrée et le suivi satellital ; et enfin (3) les moyens de formation de cadres à la gestion environnementale.

**Références bibliographiques :**

- Poncet Y., Orange D. (1999). « L'eau, moteur de ressources partagées : l'exemple du delta intérieur du Niger au Mali ». *Aménagement et Nature*, 132 : 97-108, R.
- Poncet Y., Kuper M., Mullon C., Morand P., Orange D. (2001). « Représenter l'espace pour structurer le temps : la modélisation intégrée du delta intérieur du Niger au Mali ». In : « *Représentations spatiales et développement territorial* », Eds S. Lardon, P. Maurel et V. Piveteau, Paris, Hermes, 2001, chapitre 7, pp. 143-162

## **Modélisation du Delta intérieur du Niger**

Christian MULLON, Marcel KUPER, Yveline PONCET, Pierre MORAND, Elizabeth BENGA

Les crises économiques et sociales qu'a connues le Delta à partir des années 1970 ont suscité des travaux scientifiques et de nouvelles politiques de gestion des ressources, basées sur la notion de gestion intégrée: intégration des processus hydrologiques, biologiques, socio-économiques, intégration géographique (le local et le régional), intégration des acteurs (gestion démocratique et non plus seulement technocratique), intégration des relations entre décision et applications pour le développement rural (dimensions techniques, sociales, scientifiques, etc.). Nous avons illustré la problématique de la gestion intégrée du delta avec la construction, à partir de 1997, d'un modèle intégré de l'hydrosystème. La modélisation a été conçue comme devant fournir un support de négociation aux acteurs qui participent aux projets scientifiques et techniques correspondants.

### Un modèle intégré

Le modèle intègre des mécanismes :

- hydrologiques : crue, inondation
- biologiques : renouvellement de la ressource en poisson, production agricole, démographie des troupeaux
- sociaux : choix des activités, comportement économique

### Un modèle dynamique

Le schéma causal du modèle est le suivant. Des hypothèses générales sur la crue (intensité, création de barrages), sur la production biologique du système (renouvellement du poisson, fertilité des sols, état sanitaire des troupeaux) et sur le comportement des usagers (préférences pour la pêche, comportement d'investissement), permettent de déterminer les comportements effectifs des usagers (en réaction à la crue et à la production du système) et les rendements qu'ils obtiennent.

### Un modèle spatial

L'intégration est réalisée à partir d'une représentation spatiale commune, basée sur le choix d'une centaine d'entités spatiales (bras de fleuve, chenaux, plaines inondables), et sur le choix de plusieurs centaines de groupes sociaux (pêcheurs, agriculteurs, éleveurs), qui réagissent en fonction de la crue, et de la production qu'elle entraîne. Ces entités ont été définies à partir d'enquêtes et de travaux de recherche antérieurs sur le delta (Daget, Gallais, Quensiere).

Cette structure spatiale permet de représenter ce qui apparaît l'élément essentiel de la dynamique du système, à savoir les intenses mouvements de tous ordres entre ses composantes : mouvements de l'eau, des populations de poissons, migrations des pêcheurs, déplacements des troupeaux, etc...

## Schéma d'organisation de DELMASIG

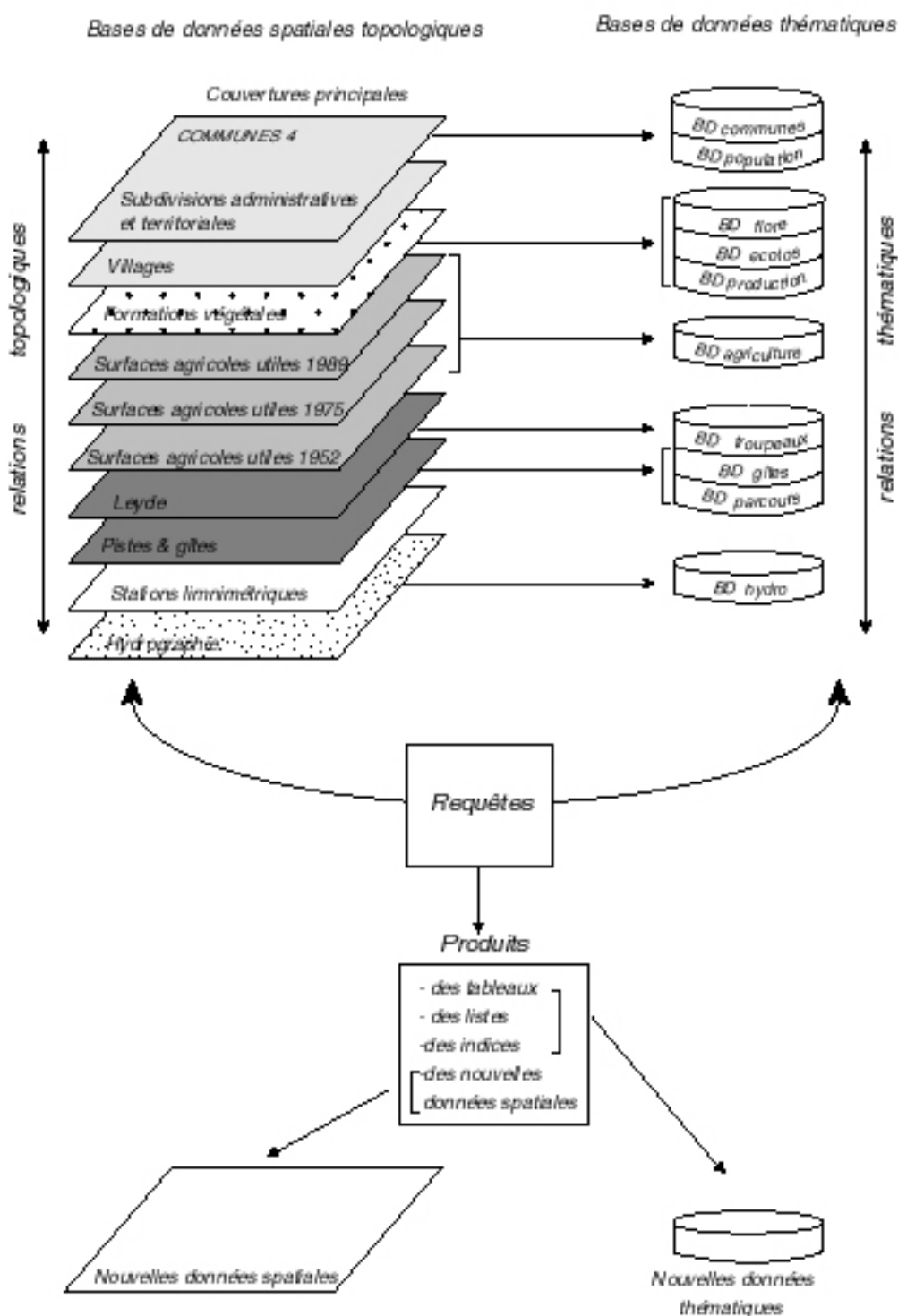


Figure 1 : Structure spatiale du modèle intégré

### Un modèle de comportement

Les difficultés inhérentes à la représentation des phénomènes socio-économiques dans un modèle intégré ont ici été résolues, en choisissant de considérer non pas les individus eux-mêmes, mais des groupes homogènes d'individus, et non pas leurs stratégies, mais les

comportements (migrations, choix entre pêche et agriculture, achats de troupeaux), tels qu'ils ont pu être décrits à partir des enquêtes sur le delta. Ce choix est cohérent avec les autres choix effectués en matière d'échelle. Il est beaucoup plus simple, beaucoup moins spéculatif de décrire le comportement d'un groupe, que la stratégie d'un individu. Bien sûr, ce choix implique de restreindre la durée des simulations et de considérer qu'il y a adaptation au bout d'un certain temps, et que les comportements changent. D'où la nécessité de limiter l'horizon de simulation (ici, à trois ans).

#### Une élaboration collective

Le modèle a été développé collectivement par des chercheurs d'origines disciplinaires différentes. Des versions intermédiaires ont été présentées aux acteurs de la gestion lors de sessions dédiées. Leurs réactions ont permis de mieux adapter le modèle à leur propre conception du delta en tant que système. Dans ce contexte, un effort particulier a été apporté à l'interface du modèle, avec une représentation spatiale des dynamiques qu'il produit (voir Figure 2).

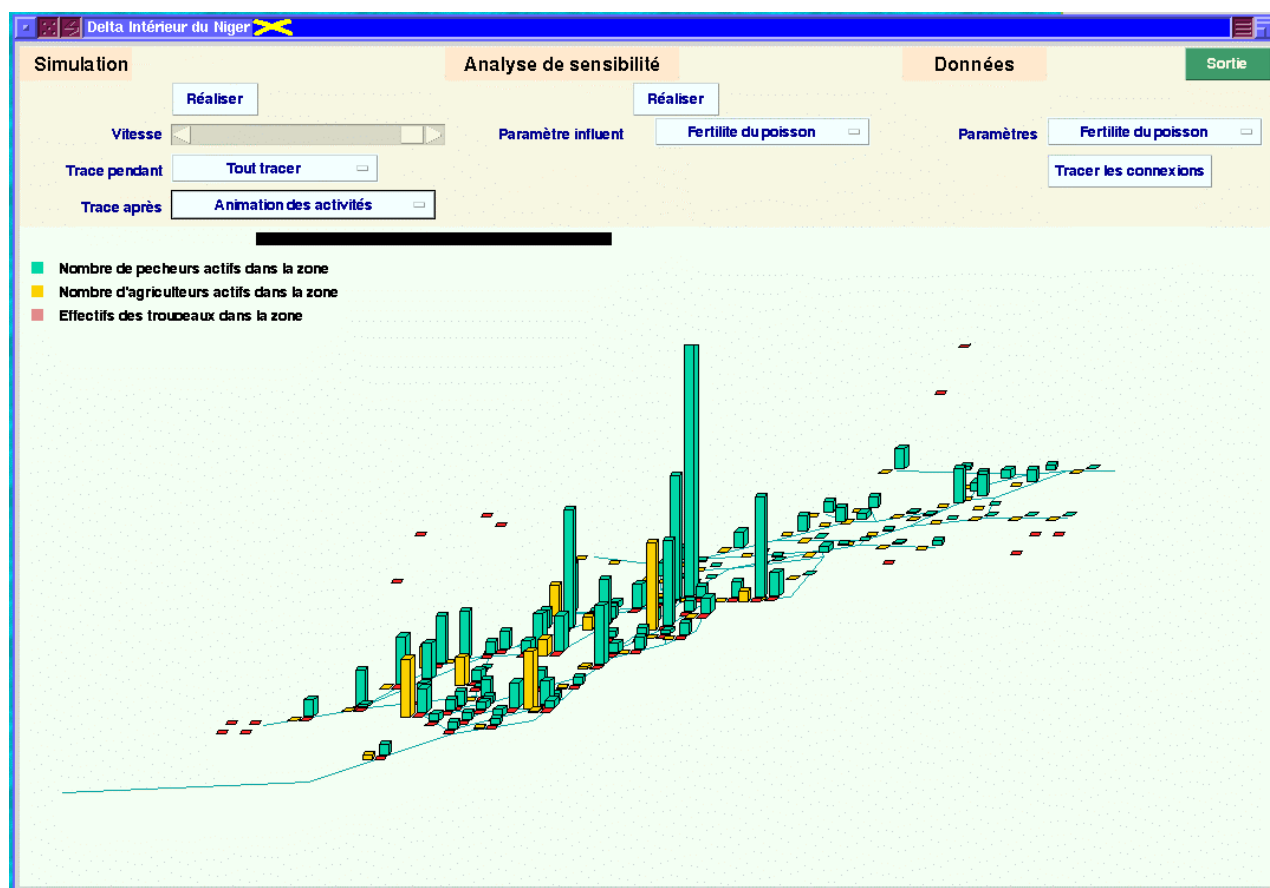


Figure 2 : L'interface du modèle montre l'animation de la répartition spatiale des activités des groupes durant une simulation.

### La maquette d'un modèle

Lors d'une première phase, nous avons insisté sur une élaboration collective du modèle, sur l'intégration des processus hydrauliques, biologiques et socio-économiques, plutôt que sur le raffinement de chacune des composantes. Grâce à cette approche, nous avons obtenu un niveau adéquat de description de l'ensemble du système. Ces travaux d'ordre méthodologique ont donné lieu à diverses publications scientifiques. Ils ont confirmé la pertinence de la notion de gestion intégrée d'un écosystème.

Cet acquis nous permettrait d'envisager maintenant la réalisation d'un modèle opérationnel, qui participe directement à la prise de décision.

### Contributions

Ce modèle a été développé dans le cadre du programme GIHREX. Un grand usage a été fait de des résultats du programme « Delta Central du Niger » (dirigé par J. Quensière), en particulier de l'approche spatiale développée par Y. Poncet ; et d'une approche pionnière de modélisation intégrée développée dans ce cadre par F. Bousquet, P. Morand et C. Cambier. Le projet européen du programme INCO-DC SIMES a contribué à la partie informatique.

### Références

Bousquet F., 1994, « Des milieux, des poissons, des hommes : étude par simulation multi-agents, le cas de la pêche dans le delta central du Niger ». *Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon.*

Bousquet F., Morand P., Quensière J., Mullon C., Pavé A., 1993, « Simulating the interaction between a society and a renewable resource ». *Journal of Biological Systems* 1 : 199-204.

Kuper M., Mullon C., Poncet Y., Morand P., Orange D., Arfi R. A, Mahé G., Benga E., à paraître « Modélisation intégrée d'un écosystème inondable : le Delta Intérieur du Niger au Mali ». In Orange D., Arfi R., Kuper M., Morand P., Poncet Y. *Gestion intégrée des ressources naturelles en zone inondable tropicale, Actes du Séminaire International sur la Gestion Intégrée des Ressources naturelles dans les Zones Inondables Tropicales (Bamako, juin 2000). Paris. IRD, Coll. Colloques et Séminaires.*

Kuper M., Mullon C., Bousquet F., Poncet Y., 2001, « Natural resource management using integrated modelling : the case of the Niger river inland delta ». In *MODSIM 2001, International Congress on Modelling and Simulation, Camberra, Décembre 2001.*

Kuper M., Mullon C., Poncet Y., Benga E., soumis à The Journal of Ecological Modelling : « *Integrated modelling of the ecosystem of the Niger river inland delta in Mali* ».

Morand P., Bousquet F., 1994, « Modélisation de la ressource : relations entre l'effort de pêche, la dynamique du peuplement ichtyologique et le niveau des captures dans un système fleuve-plaine ». In Quensière J. (éd. sc.) *La pêche dans le delta central du Niger* : 267-281.

Morand P., Bousquet F., 2000, « Simulation de l'exploitation de ressources (fleuve Niger) ». In Gillon Y., Chaboud C., Boutrais J., Mullon C. éd. sc., *Du bon usage des ressources renouvelables.* Paris, IRD : 375-392.

Poncet Y., 1999, « Une lecture temporelle de la pêche au Mali ». In Poncet Y. éditeur scientifique : *Les temps du Sahel.* Paris, IRD : 81-108.

Poncet Y. et Orange D., 1999, « L'eau, moteur de ressources partagées : l'exemple du delta intérieur du Niger au Mali ». *Aménagement et Nature* n° 132, mars : 97- 108.

Poncet Y., Kuper M., Mullon C., Morand P., Orange D., 2001, « Représenter l'espace pour structurer le temps : la modélisation intégrée du delta intérieur du Niger au Mali ». *Chapitre 7 de Lardon S., Maurel P., Piveteau V. ed. Représentations spatiales et développement territorial, Paris, Hermès : 143-162.*

# **HYDROBIOLOGIE**

Cinq communications ont été présentées lors de la session « Hydrobiologie ». La première rappelle l'histoire, déjà longue, de la recherche en hydrobiologie avec la création d'un premier laboratoire à Diafarabé en 1946 sous l'égide de l'IFAN. Transféré à Mopti en 1960, puis rattaché à l'IER depuis 1976, le laboratoire poursuit ses recherches, notamment dans le cadre d'un Programme des Ressources Halieutiques (PRH), en partenariat avec l'IRD, sur les relations complexes existant entre l'hydrologie, le renouvellement de la ressource en poissons et les comportements des acteurs du secteur de la pêche.

La seconde communication présente une typologie des mares du Delta intérieur à partir d'images SPOT et de travaux de terrain. L'étude est enrichie par la détermination des paramètres physico-chimiques de l'eau, par les relevés des espèces de poissons les plus abondantes en relation avec les techniques de pêche.

La troisième communication intitulée « l'hydrosystème et la productivité des sols » traite essentiellement des sols et de la conduite des itinéraires techniques en riziculture irriguée à l'Office du Niger. Trois outils informatiques sont présentés : CalCul, outil de construction du CALendrier CULtural prévisionnel, IRFA, outil d'Information et de Représentation du Fonctionnement des Aménagements et AGIR, outil d'Aide à la décision pour la Gestion de l'IRrigation et l'estimation de la redevance sur l'eau.

La communication qui traite de la jacinthe d'eau retrace le développement de cette plante depuis son introduction au Mali, sa présence électorale au contact d'eau polluées, généralement industrielles (abattoirs, tanneries..) mais aussi des collecteurs, sa croissance exceptionnellement rapide sur ces sites au Mali. La lutte biologique, utilisant deux types de charançons élevés dans une unité installée à Sotuba, en est encore au stade expérimental.

La dernière communication présente le projet GHENIS, projet pilote de création d'un système de suivi et de gestion hydro-écologique du Niger supérieur. Mené en coopération avec la Guinée, ce projet doit aboutir à un renforcement des capacités techniques des cadres de la direction de l'hydraulique, notamment dans la maîtrise des modèles et des SIG, ainsi qu'à la création d'un centre d'information et de documentation sur le bassin du Niger supérieur.

## **Historique des études sur les ressources halieutiques maliennes du fleuve Niger**

**Daniel DANSOKO**

Le fleuve Niger et ses affluents constituent le réseau hydrographique de loin le plus important de l'Afrique de l'Ouest en général et du Mali en particulier.

Sur son cours de 1700 km au Mali, il représente un potentiel halieutique de plus de 90 % de l'ensemble des pêcheries du pays : Delta central principalement, lac de barrage de Sélingué, le haut Niger, la région de Ségou, la zone aval du Delta jusqu'à Labezanga.

La présentation rappelle l'historique des recherches liées aux ressources halieutiques du Delta central du Niger. La pluridisciplinarité mise en œuvre au cours de ces études témoigne de la diversité des sujets qui sont intimement liés.

L'importance du delta central du Niger dans la pêche au Mali est à l'image de l'importance de ses plans d'eau, de son potentiel ichtyologique, humain et économique. Les connaissances empiriques séculaires des Bozos et des Somonos ont présidé à la gestion coutumière du patrimoine halieutique du Niger dans cette partie de son cours. La Dina de Sékou Amadou (1881) a été le deuxième modèle de gestion de l'empire deltaïque.

La quête de la connaissance scientifique moderne a débuté en 1946 par l'installation, sous l'égide de l'IFAN, du laboratoire d'Hydrobiologie de Diafarabé, à l'entrée du Delta central du Niger. Transféré à Mopti en 1960, sous la tutelle des Eaux et forêts, le laboratoire d'hydrobiologie de Mopti (LHM) fut rattaché au Service national de recherche agronomique (qui deviendra IER) en 1976. Aujourd'hui, le Programme des ressources halieutiques (PRH) de Mopti jouit des mêmes attributions que le LHM en entretenant des partenariats privilégiés avec l'IRD (ex ORSTOM) notamment. Le laboratoire d'Hydrobiologie de Sélingué a été créé en 1980 lors de la construction du barrage.

L'ensemble des recherches menées depuis 1954 a porté sur les domaines de la taxonomie, limnologie, bio-écologie, halieutique, système de production, socio-économie, anthropologie, démographie. Une revue des différents éléments de l'écosystème halieutique et de son évolution nous permettra de camper les connaissances acquises tant en sciences fondamentales qu'en recherche appliquée pluridisciplinaire, approche qui a logiquement pris le pas sur la recherche sectorielle des années 60 à 80.

### **LE MILIEU**

Les différents plans d'eau, qui sont tous exploités, se répartissent en majorité entre le lit du fleuve et de ses affluents (cours d'eau), les plaines d'inondation du Delta central, les lacs naturels et les mares, mais aussi le lac de retenue du barrage de Sélingué (409 kilomètres carrés). Les variations intra-annuelles et inter-annuelles du régime du fleuve Niger au Mali, spécialement le Delta central (30 000 kilomètres carrés), sont fortement liées à la pluviométrie du haut bassin. Le barrage de Sélingué a, de son côté, une influence sur le cours aval.

Depuis les années 70, le milieu hydrographique subit de fortes variations climatiques négatives, à l'origine de la sécheresse qui sévit au Sahel depuis. Il faut enfin ajouter à ce tableau l'influence des aménagements hydroagricoles entrepris tout le long du fleuve Niger.

Sur le plan de l'hydrobiologie, les recherches ont porté sur les variations saisonnières, inter-annuelles et régionales de l'environnement. Il s'agissait d'étudier les facteurs écologiques connus pour avoir une influence sur la reproduction des poissons : le niveau de l'eau, les précipitations, la température, la conductivité, le pH, la transparence. Les données recueillies concernent les années 1988 à 1989 dans le Delta central du Niger.

#### 1) Hydrologie et pluies

Il a été constaté une évolution saisonnière très contrastée dans le delta central du Niger ; il en est de même pour les données inter-annuelles. La reproduction est liée à la crue avec un décalage dans le temps et dans l'espace à cause du décalage de l'onde de propagation à l'amont / aval des crues.

#### 2) Caractéristiques physico-chimiques.

Une comparaison entre les eaux du Niger et celles du Bani (température, conductivité, pH, transparence) a montré une différence significative des valeurs de conductivité et de transparence, sans effet sur les phénomènes biologiques : reproduction, croissance.

#### 3) Influence sur la période de reproduction.

Les variations saisonnières autant que les variations inter annuelles agissent sur la période de reproduction. Une meilleure crue favorise un investissement reproducteur plus important par l'allongement de la période de reproduction d'un certain nombre d'espèces. Cela se confirme dans le cas de modifications hydrauliques (lâchers d'eau des barrages) qui ont une bonne influence sur les population résidentes (simulation de l'hivernage) d'où l'importance des plaines d'inondation.

#### 4) Influence sur la taille à la première reproduction.

Chez les *Tilapia*, les études ont montré une diminution de la taille à la première reproduction qui s'explique par une adaptation aux conditions hydrologiques difficiles (année de sécheresse) doublées d'une pression de pêche importante.

#### 5) Migrations latérales dans les plaines d'inondation.

Les conditions de reproduction, de croissance et de refuge sont favorables.

## LA FAUNE ICHTYOLOGIQUE

Elle constitue l'essentiel, sinon la totalité, de la ressource halieutique du Mali et a fait l'objet de maintes études et travaux scientifiques. Elle est surtout l'objet de l'activité principale ou secondaire de 70 000 à 500 000 personnes au Mali.

### 1. Systématique.

Le Professeur DAGET a inventorié (1954) 137 espèces piscicoles réparties entre 62 genres, 26 familles, 9 ordres, et 3 sous-classes. Cette étude a été mise à jour en 1990 par LEVEQUE et ses collaborateurs.

## 2. Etudes bio-écologiques.

Après le départ du Professeur DAGET, elles n'ont repris qu'au début des années 1980 et se sont intensifiées à partir de 1986 avec la collaboration IER-ORSTOM dans le cadre de l'étude pluridisciplinaire sur la pêche dans le Delta central du Niger. Les principaux thèmes étudiés ont été :

- l'évolution de la composition des peuplements de poissons. Beaucoup de changements sont intervenus depuis les années 70 ; actuellement on constate la raréfaction<sup>2</sup> et même la disparition ou l'absence dans les captures<sup>3</sup> de certaines espèces, suite aux influences climatiques et aux actions anthropiques (pêche surtout) ;
- la reproduction, la croissance, les migrations : les travaux ont conclu à une forte résilience et une grande adaptabilité des espèces aux conditions difficiles (sécheresse, forte exploitation), par exemple diminution de la taille et l'âge de la reproduction, démontrant ainsi que la ressource n'est pas menacée et qu'elle peut se régénérer lorsque les conditions s'améliorent ;
- les études halieutiques ont analysé la filière pêche jusqu'à la capture : les cycles d'activités des pêcheurs, l'adaptabilité des pêcheurs aux différents changements (évolution des engins et pratiques de pêche), la production halieutique dans le temps et dans l'espace. Cette dernière est principalement sous la dépendance de l'hydrologie du fleuve, ainsi d'environ 90 000 à 100 000 tonnes par an en bonne année hydrologique, la production du delta central du Niger a chuté à 37 000 tonnes durant 1984-1985, année hydrologique plus sévère même que 1973. Les études ont aussi conclu à l'inégale répartition des captures selon les différents critères : zones de production, type d'engins de pêche, catégories de pêcheurs, période de pêche...

## LES ACTEURS IMPLIQUES

Ils se situent à plusieurs niveaux dont les plus importants concernent trois catégories :

### 1. Les exploitants se répartissent en trois groupes :

- Les agriculteurs-pêcheurs composés de Bambara, Markas, Rimaïbé etc. chez lesquels la pêche est une activité occasionnelle par rapport à l'agriculture. Un ménage produit environ 0,2 tonne par an entièrement auto-consommé.
- Les pêcheurs professionnels sédentaires, constitués par le groupe Somonos (Marka, Bambara, Bobo, Sonraï ...) et une frange de l'ethnie Bozo. La riziculture, ainsi que d'autres petites activités (petit commerce, petit élevage ...), complètent l'activité de ces groupes et leurs revenus. Un ménage de pêcheur professionnel sédentaire produit 1,3 tonne de poisson par an.

<sup>2</sup> Les espèces qui sont désormais rares dans les captures dans le delta sont notamment (entre parenthèses le nom bambara) : *Heterotis niloticus* (Fana), *Distichodus spp.* (Galya), *Bagrus docmak* (Samou fin), *Polypterus senegalus* (Sâdjèguè), *Malapterurus electricus* (N'Tiguin), *Clarotes laticeps* (Boolo) ; Source : Wetlands International : Atelier sur la Conservation de la Biodiversité des Poissons en Afrique de l'Ouest - Région de Mopti ( Mopti du 24 au 27 Août 1999

<sup>3</sup> Les espèces qui ont disparu dans les captures du D.I.N. sont en particulier : *Gymnarchus niloticus* (poisson cheval, sôdjèguè), *Parachanna obscura* (Pindo = Sonogodjèguè = poisson qui dort), *Arius gigas* (Sima = le poisson qui grandit plus que le capitaine), *Citharidium ansorgii* (Suroukou Tala), *Hepsetus odoe* (Wuluhanhan = plus vorace que le poisson chien), *Alestes macrolepidotus* (kolo) ; source : cf. note précédente ; cependant nombre de ces espèces se retrouvent en grande fréquence ailleurs, notamment à Sélingué (*Gymnarchus nil.*, *Alestes macrolepidotus*), ou dans la Région de Koulikoro (*Polypterus senegalus*, *Arius gigas*...)

- Les pêcheurs professionnels migrants qui n'ont aucune autre source de revenu que la pêche. C'est la raison pour laquelle ils migrent le long du fleuve à la recherche du poisson. Il s'agit essentiellement des Bozos. Ils produisent jusqu'à 4,8 tonnes par an et par ménage.

Ce sont les deux groupes de pêcheurs professionnels qui assurent la transformation du poisson (séchage, fumage) et qui font la commercialisation sur les lieux de pêche.

## 2. Les commerçants

En amont et en aval, les commerçants influent beaucoup sur les pêcheurs et les produits de la pêche : commerçants d'intrants de la pêche, de céréales et autres biens de consommation d'une part, et commerçants acheteurs de poissons frais ou transformé d'autre part. Cela a une influence sur les prix aux différents niveaux de la commercialisation, situation aggravée par la vétusté des infrastructures et des moyens de transport.

## 3. L'administration

Elle a en charge la politique et la planification du secteur, et se compose :

- a) tout d'abord du ministère du Développement rural avec ses démembrements et les missions respectives à l'échelon national, régional et local (DNAER, DNAMR, DGRC. etc. ).
- b) de la recherche, indispensable pour tout développement : l'IER avec le Programme de recherche halieutique basé à Mopti ; plusieurs partenaires, dont l'IRD, participent aux travaux de recherche ;
- c) d'autres structures de l'administration et du monde politique interviennent dans le monde de la pêche : l'administration territoriale et des collectivités, le Fonds de développement social, l'Assemblée nationale (par le vote des lois), le ministère en charge de la gestion de l'eau ;
- d) enfin, des ONG et des agences de financement s'intègrent de plus en plus dans le système de la pêche.

## **LES ETUDES SOCIALES**

Ce sont elles qui font la lumière sur les actions, réactions et co-actions dans le tandem environnement–ressources halieutique et acteurs. Les niveaux des acteurs, les relations multiformes positives, mais aussi négatives, ont été dégagées (politique, administration-pêcheurs, commerçants-pêcheurs, administration-commerçants, pêcheurs-pêcheurs).

Les études en sciences sociales ont fait apparaître l'importance des facteurs socio-économiques et sociologique dans la gestion de la filière pêche.

Elles ont aussi permis de comprendre les différents systèmes de production et d'activités pratiquées par les pêcheurs des différentes régions du Delta, qui reflètent les différentes

alternatives d'adaptation au sein de la filière pêche et, en dehors d'elle, d'amélioration de leurs conditions d'existence.

## CONCLUSION

L'évolution des ressources halieutiques maliennes du fleuve Niger peut s'exprimer en termes de pérennisation quantitative et qualitative (productivité et maintien de la biodiversité) du stock ichtyologique. L'allure de l'évolution est sous l'influence de trois principaux facteurs :

1. Les facteurs environnementaux, principalement climatiques, pour lesquels les actions humaines sont limitées ;
2. Les facteurs biologiques intrinsèques des espèces (résilience, fécondité, adaptabilité ...) qui constituent un atout majeur en faveur de la pérennisation de la ressource ;
3. Les facteurs anthropiques : c'est là que la notion de gestion prend tout son sens, à cause des actions, des réactions, et des co-actions directes ou indirectes des différents acteurs, décideurs, aménagistes, chercheurs, exploitants (agriculteurs, forestiers etc.).

Ils ont la possibilité de corriger et de réparer, dans une certaine mesure, les erreurs du passé, d'améliorer le présent et l'avenir par une synergie participative effective à tous les niveaux.

## Références bibliographiques

DAGET.J. (1954) « Les poissons du Niger Supérieur », *Mémoire de l'IFAN, n° 36, Dakar*

LEVEQUE C, PAUGY D, TEUGEULS G. (1990) « La faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest », *Tome I et Tome II, ORSTOM / MRAC, Collection Faune Tropicale N° XXVIII, Paris, France*

QUENSIERE J. (1994) « La pêche dans le Delta Central du Niger, approche pluridisciplinaire d'un système de production halieutique », *IER/ORSTOM/KARTHALA, Paris, France.*

## Caractéristiques environnementales et productivité des mares du Delta Central du Niger

Ousmane Alpha DIALLO

La pêche est pratiquée dans les mares au cours de la décrue en saison sèche, au moment où les captures de poisson deviennent rares dans les plans d'eau constitués par le fleuve Niger, son affluent principal le Bani et ses défluent (Diallo, 2000). Cependant, la conjugaison des variations hydro-pluviométriques et de l'action de l'homme entraîne une réduction des surfaces inondées et un remplissage insuffisant des mares, qui accentuent leur tarissement précoce et la réduction du stock halieutique.

Les travaux ont été conduits dans une zone de 1 700 kilomètres carrés environ. Une typologie des mares a été établie en utilisant des critères de forme, de dimension, de bordure, de pente, de leurs utilisations et des critères images (teinte et structure). Parmi les huit types déterminés, les mares de Débaré, Ninga, Komina, Vorkouma, Dargata et Modi, qui représentent des types différents, ont été choisies.

Le suivi a consisté à :

- relever des mesures des caractéristiques physico-chimiques de l'eau des mares ;
- estimer la couverture végétale dans la cuvette des mares ;
- mener des enquêtes sur l'activité de pêche au moment des pêches collectives ;
- déterminer la production halieutique de la mare pérenne de Débaré dans le secteur de Batamani avant l'inondation des plaines.

Les caractéristiques des eaux varient en fonction de la décrue et du niveau des crues. Une carte des unités de paysage, à partir des images SPOT de janvier 1995, montre divers états des mares : mares en eau claire, mares en eau claire comportant une végétation active, mares en eau turbide et mares en eau turbide comportant une végétation active. La transparence de l'eau varie d'une mare à l'autre et sur la même mare d'une année à l'autre. On observe une diminution de la transparence des eaux dans les mares pérennes, de 2 mètres en janvier à 2 centimètres au mois de mai (Débaré, Dargata, etc.). Cette variation se traduit par des teneurs de 2 milligrammes par litre à 73 milligrammes par litre de matières en suspension, selon la table de corrélation des hydrologues de l'IRD.

La conductivité augmente avec la décrue. Toutefois, les niveaux atteints restent conformes aux normes des eaux peu minéralisées (<750  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ). La température de l'eau montre partout des valeurs supérieures à la normale (22 °C) pour des mesures réalisées entre 9 heures et 16 heures.

La végétation des mares est dominée par *Vossia cuspidata* et *Echinochloa stagnina* (bourgou) qui sont des graminées pérennes (herbacées). Dans la composition floristique, on dénombre d'autres herbacées, des poches de nénuphars (*Nymphaea spp*) et souvent des peuplements de *Mimosa pigra*. Le recouvrement végétal varie d'une mare à l'autre et dans la même mare d'une année à l'autre. La mare de Komina, qui avait un recouvrement de 80 % en 1997 et 1998, est à moins de 10 % en 2000. Ceci s'expliquerait par l'action des vents qui arrachent les plants, et par la montée subite de la crue dans la mare qui entraîne la noyade de la végétation.

Avant la période de sécheresse, les mares étaient réservées aux pêches collectives de saison sèche et chaude, au moment où les eaux d'inondation désertent les plaines. Ces pêches réunissent les pêcheurs et agro-pêcheurs des villages et campements voisins. Leur particularité est la participation des femmes et des enfants, qui utilisent le *kango* et le harpon, à côté des hommes qui utilisent les filets à deux mains. La limitation à ces types d'engins de pêche relève des accords entre communautés concernées. Actuellement, certaines mares pérennes sont constamment pêchées (mare de Débaré), ou durant toute la période de décrue (mare de Dargata). En dehors des jours de pêche collective, divers engins et techniques de pêche sont utilisés, comme les filets dormants, les palangres, les barrages et les pièges à poisson.

La production subit des variations d'une mare à l'autre, et pour une même mare d'une année à l'autre, suivant l'importance des crues. On note une diversité spécifique dont l'importance numérique varie d'une année à l'autre. Les espèces nombreuses en l'an 2000 sont plus importantes dans les mares de Débaré et Dargata que dans l'ensemble des mares observées. Ceci serait dû à l'aménagement de la mare de Débaré ; à l'isolement et à la grande dimension pour la mare de Dargata. Toutefois la variation du nombre des espèces et la raréfaction de certaines d'entre elles sont des indicateurs de la pression environnementale et anthropique. La production s'avère plus importante dans la mare de Débaré qui subit plus de pression de pêche (effectifs élevés de pêcheurs, hommes, femmes et enfants qui participent aux pêches collectives).

Dans la mare de Débaré, les espèces capturées avant l'inondation sont :

- les gros spécimens de poisson: *Clarias spp* (manogo), *Lates niloticus* (capitaine), *Oreochromis niloticus* (n'tebe fin), *Oreochromis aureus* (kasa), et *Bagrus bayad* (samu dye) ;
- celles qui sont abondantes lors des pêches collectives et de début de crue : *Clarias spp*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis niloticus*, *Hemichromis fasciatus* (salen balema musode), *Labeo senegalensis* (bamâ dye), *Hemisynodontis membranaceus* (nana dacru), *Sarotherodon mystus* (gari), ce qui veut dire que certaines espèces se rencontrent en grosses pièces et sont numériquement abondantes.

Au mois d'août, de nombreuses espèces de poisson sont en phase de reproduction, notamment celles qui apparaissent de façon abondante dans les captures. C'est aussi le cas des grosses pièces, mis à part *Lates niloticus*, *Hemisynodontis membranaceus* et *Bagrus bayad*. Les espèces rares rencontrées dans ces captures ne sont pas au stade de reproduction, comme : *Synodontis schall* (konkon blé), et *Auchenoglanis biscutatus* (korokoto).

En conclusion, cette étude met en évidence la grande variabilité des caractéristiques environnementales et des captures de poisson, la raréfaction de certaines espèces et la forte charge d'exploitation des mares pérennes. Les résultats obtenus sur la production halieutique de la mare de Débaré permettent de faire des recommandations à propos des règles de gestion permettant d'augmenter la productivité de ce type de mare dans le secteur de Batamani.

Ces recommandations sont les suivantes :

- après la pêche collective, limiter la capture aux grosses pièces par l'utilisation des filets à grandes mailles et des palangres, etc ;
- à la montée des eaux, favoriser la migration latérale des reproducteurs et des alevins pour la colonisation des mares, en évitant la pose de barrages de pêche sur les voies d'alimentation en eau, et en développant des stratégies alternatives à la pêche des mares pérennes (pisciculture, maraîchage).

### Références bibliographiques

Comité de programme de l'IER, 4<sup>ème</sup> session (1996) « Etude de la dynamique de la pêche, rapport de recherche »

Comité de programme de l'IER, 6<sup>ème</sup> session (1998) « Etude de la dynamique de la pêche, rapport de recherche »

Ousmane A. Diallo (2000) « Contribution à l'étude de la dynamique des écosystèmes des mares dans le Delta Central du Niger », *thèse de doctorat, Université de Paris I*

Ousmane A. Diallo (1998) « Typologie et production halieutique dans le Delta Intérieur du Niger », *Symposium PARADI à Grahamstown (Afrique du Sud), septembre, résumé et poster*

## **L'hydro-système et la productivité des sols**

**Mamadou Kabirou N'DIAYE**

Les différents systèmes de production rizicole se regroupent en quatre ensembles cohérents, qui s'étendent essentiellement du sud au nord dans le delta intérieur du fleuve Niger :

- 1) le système traditionnel, qui est une vieille pratique au Mali, regroupe la riziculture d'immersion profonde dans le delta central Nigérien et la riziculture de bas-fonds des zones sud du Mali ;
- 2) la riziculture de submersion contrôlée le long du fleuve Niger, pratiquée à Ségou (34 000 hectares à l'Office du riz de Ségou), et à Mopti (33 000 hectares à l'Office du riz de Mopti) ;
- 3) les petits périmètres irrigués (PPIV ou PIV) essentiellement par pompage, avec des surfaces allant de 3 à 50 hectares, quelquefois plus, ont généralement un objectif de lutte pour l'autosuffisance alimentaire et la sécurité alimentaire ;
- 4) l'Office du Niger, système de grand périmètre irrigué, et les moyens périmètres (Sélingué et Baguinéda), irrigués par gravité à partir de la dérivation de l'eau du fleuve avec un barrage ; ce type de riziculture représente actuellement près de 80 000 hectares soit la moitié de la production nationale. Ce système, bien que basé sur le riz, présente aussi des cultures de diversification. La double culture est pratiquée à échelles variables selon les périmètres.

On assiste actuellement à un développement important des aménagements hydro-agricoles le long du fleuve, à travers les petits périmètres irrigués, pour sécuriser les populations des zones de submersion contrôlée ou libre vis-à-vis des aléas climatiques.

Les études pédologiques effectuées au Mali n'ont pas couvert l'ensemble des écosystèmes cultivés. Les aménagements hydro-agricoles sont les mieux couverts. Des études ont été effectuées à différentes échelles dans les zones à aménager ou à réhabiliter (Offices du riz de Ségou et Mopti, Office du Niger). Les études agro-pédologiques sur les évolutions des sols sont récentes et ont concerné essentiellement l'Office du Niger

Les sols ont été formés sur les alluvions récentes du quaternaire. L'épaisseur de la couche alluviale varie de 20 à 50 mètres avec des affleurements gréseux à certains endroits. La répartition de différents types de sols s'est faite sous la forme d'une mosaïque, créant ainsi une forte variabilité spatiale.

Une évolution des sols s'est produite ensuite sous l'influence de la qualité des eaux et du fonctionnement hydrologique imposé par les caractéristiques du milieu physique et les modalités de gestion des systèmes de cultures, de l'irrigation et du drainage. La variabilité de ces sols est grande, même sur de faibles distances. Cette variabilité est difficilement « cartographiable », mais ses conséquences sur la fertilité sont prépondérantes.

Dans le contexte de l'Office du Niger, caractérisé par une augmentation très sensible des rendements depuis une dizaine d'année, la dégradation des sols ne semble avoir qu'un impact marginal sur la production rizicole. Cependant les parcelles rizicoles sont affectées par un processus d'alcalinisation. Les paysans connaissent ce phénomène. 4 à 7 % des surfaces seraient affectées. L'influence de cette alcalinisation sur la dégradation des propriétés physico-chimiques

des sols apparaît marginale : les performances de la riziculture irriguée, appréciées par les rendements, ne cessent de progresser. La maîtrise des itinéraires techniques et de l'irrigation, mais aussi une vraisemblable neutralisation de l'alcalinité dans l'horizon superficiel, contribuent à en minimiser les effets.

Dans les écosystèmes irrigués, la stratégie d'amélioration de la productivité a dominé les approches de vulgarisation. La stratégie d'intensification qui a accompagné les aménagements et les réhabilitations s'est basée sur l'utilisation de matériel performant et des techniques de cultures adaptées. Le matériel végétal utilisé, avant les années 1980, était composé de variétés de paille haute, sensible à la photopériode, et ne supportant pas des doses importantes d'engrais. A partir des 1985, les variétés de haute paille ont été remplacées par de variétés à paille courte, non sensibles à la photopériode, et qui ont un potentiel de production de près de 10 tonnes à l'hectare.

Dans les périmètres irrigués, le repiquage a remplacé progressivement le semis à la volée avec une utilisation importante d'engrais minéraux et organiques.

L'introduction des cultures de diversification a aussi contribué à améliorer la productivité du système et les revenus des producteurs.

Au-delà des techniques de production et des variétés développées, la recherche s'est appliquée à développer des outils d'aide à la négociation entre acteurs. Trois d'entre eux, dont l'élaboration est la plus avancée, pourraient être transférés :

- **Un outil de construction du calendrier cultural prévisionnel (CalCul)**, à l'échelle de l'aménagement, pour améliorer la gestion des systèmes irrigués. CalCul permet de construire un calendrier cultural prévisionnel de conduite du riz à l'échelle d'une sole (aménagement ou secteur d'aménagement), en tenant compte des performances des principaux chantiers : mise en eau, préparation du sol, repiquage (si c'est le mode d'implantation choisi) et récolte. Ce calendrier prévisionnel précise le rythme commun de toutes les interventions et la période optimale de réalisation de chacune d'elles.
- **Un outil d'information et de représentation du fonctionnement des aménagements (IRFA)**. A partir du système d'information défini, les indicateurs significatifs des tendances du fonctionnement de l'aménagement sont identifiés puis validés. Ces indicateurs vont permettre, avec le SIG réalisé à l'échelle du périmètre :
  - d'obtenir une forme de représentation visuelle du fonctionnement de l'aménagement ;
  - d'identifier les causes et les processus de gestion explicatifs des performances enregistrées,
  - d'évaluer les impacts possibles des différents scénarios de gestion hydraulique ou de mise en valeur agricole du périmètre.
- **Un outil de discussion et d'aide à la décision pour la gestion de l'irrigation et l'estimation de la redevance (AGIR)**. Il s'agit de mettre à la disposition du gestionnaire de l'irrigation un outil d'aide à la discussion et à la négociation avec les usagers, pour évaluer avec eux les impacts techniques et financiers des modalités d'exploitation de l'aménagement, aux plans de l'utilisation des infrastructures et de la superficie mise en eau.

## **Le problème de la jacinthe d'eau au Mali : état des recherches**

**B. DEMBELE, A. DIARRA, C. DIARRA, S. SARRA et M.N. TRAORE**

La jacinthe d'eau *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach est vraisemblablement originaire du Bassin amazonien et d'autres contrées de l'Amérique du Sud (Barret et Forno 1982). C'est à partir de cette zone qu'elle a été introduite accidentellement ou intentionnellement par l'homme dans diverses parties du monde. En Afrique, elle a été signalée pour la première fois dans le Delta du Nil au début du 20<sup>è</sup> siècle et au Zimbabwe en 1937 (Holm et al, 1970). Des années 50 à nos jours l'infestation s'est rapidement étendue dans le reste de l'Afrique. Ainsi on retrouve la jacinthe d'eau sur le fleuve Congo et surtout en Afrique de l'Ouest au Nigeria, au Bénin, au Gabon, en Côte d'Ivoire, au Burkina Faso, au Niger (Akinyeiji 1987, Harley 1994, Chikwenhere 1994).

Au Mali, sa présence remonte à 1990 autour de la ville de Bamako (Dembele 1994). A partir de ce point, elle continue d'envahir le cours du fleuve Niger (1). Elle représente une menace pour les autres plans d'eau du pays, les rizières du Périmètre Rizicole de Baguineda (PRB), de l'Office Riz Ségou (ORS) et de l'Office du Niger (ON), la pêche et la navigation sur les berges et les bras du fleuve à Bamako, à Koulikoro, dans les mares de Sassila, de Farako et de Sékoro et aussi entre le site de la COMATEX à Ségou et le barrage de Markala. La jacinthe cause des dommages à la production d'énergie à Sotuba. Elles posent aussi des problèmes de santé, entraînant ainsi des conséquences socio-économiques néfastes graves.

Face à ces fléaux, des initiatives de lutte ont été prises par les services techniques et les populations qui pratiquent la lutte manuelle. De 1996 à 1997, un programme intitulé "Appui à la lutte contre la jacinthe d'eau et autres plantes aquatiques nuisibles" a été exécuté. Aujourd'hui l'IER conduit un projet visant à maintenir et initier des activités de recherche sur la bio-écologie, la lutte biologique, la lutte chimique et le compostage de la jacinthe d'eau. Le présent article fait le point de toutes ces activités.

### **1. MATERIEL ET METHODES**

Les prospections ont été réalisées à partir de 1995 sur l'ensemble des plans d'eau du pays (DIARRA et KONÉ 1995) pour évaluer l'importance de la jacinthe dans le pays et étudier la répartition et la limite de diffusion. Les fleuves Niger, Sénégal et leurs affluents ainsi que les périmètres irrigués ont été concernés par ce travail. De nombreux renseignements ont été collectés sur les sites les plus infectés, les conséquences de cette infestation et les moyens de lutte pratiqués.

#### **Etude des relations entre la jacinthe d'eau et la pollution**

Une prospection de sites les plus infestés, a été sur les deux rives du fleuve Niger de Kalaban Koro au barrage de Sotuba sur la rive droite et du pont de Woyowayan ko à l'UMPP sur la rive gauche. Tous les points de déversement de déchets liquide ou solide ont été recensés. Les points de proliférations ont également fait l'objet de recensement. Une cartographie des points de déversement des déchets et des points de prolifération de la jacinthe d'eau a été faite.

Des échantillons de deux litres d'eaux usées, sont été prélevés en période de basses et de hautes eaux et analysés au laboratoire des eaux de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'énergie. Les analyses ont portées sur les composés suivants : Concentration en azote ammoniacal, en nitrites, en nitrates, en phosphates, le PH et la conductivité.

Il s'agit ensuite de tester en fonction de la qualité de l'eau des sources de rejet la vitesse de reproduction végétative de la jacinthe. C'est un essai comparatif entre les eaux provenant des réseaux d'égouts, des collecteurs et des usées des unités industrielles et dans lesquels vivent des plantes de jacinthe d'eau. L'opération est faite en période de crue et de décrue. Elle est répétée 4 fois pour chaque échantillon. L'opération s'arrête avec la formation de plantes filles sur tous les pieds mères.

Mise en œuvre de la lutte biologique

Trois unités d'élevage ont été mise en place dans les stations de recherche agronomique de Sotuba (2), de Niono et de Cinzana. Ces unités d'élevage comprennent chacune une série pour la multiplication de *Néochetina Bruchis* et une série réservée à la production de *N. echhorniae*. Ces deux espèces ont été introduites à partir du Ghana et du Zimbabwe. Les insectes produits suivant une planification sont lâchés progressivement tout le long du fleuve Niger et dans la zone Office du Niger sur les sites d'infestations permanents de la Jacinthe d'eau.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### Etude de la répartition de la jacinthe d'eau

La jacinthe d'eau est essentiellement localisée dans le fleuve Niger (Dembele et Diarra 1997). Elle commence en amont de Bamako, dans la mare de Kabala sur la rive droite et à Sébenikoro sur la rive gauche. Le reste du cours du fleuve jusqu'à la frontière de la Guinée n'est pas infesté. En aval l'infestation est plus étendue et va de Bamako jusqu'à Macina. Les cas les plus inquiétants se trouvent :

- autour des villes de Bamako et de Ségou : sur les deux rives du fleuve Niger autour de tous les points de rejet des eaux usées industrielles (hôtels, usines) ou domestiques (abattoirs, collecteurs d'égouts)
- au barrage hydro-électrique de Sotuba
- dans les canaux d'irrigation de l'Office du Niger et du PRB
- les mares de Sassila, Farako (mare sacrée) et de Sékoro

### Etude des relations entre la jacinthe d'eau et la pollution

Cette étude commence par le recensement des points de rejet des eaux usées à Bamako. Selon leur origine on peut les classer les eaux usées qui se déversent dans le fleuve Niger, en eaux usées domestiques, industrielles, urbaines, en eaux usées des teintureries et en eaux usées des abattoirs. Elles sont déversées dans le fleuve par le biais des réseaux d'égouts, des collecteurs, des caniveaux, des effluents. Le recensement des points de multiplication de la jacinthe a montré que les points les plus infestés se retrouvent généralement à l'embouchure des collecteurs, des réseaux d'égouts à proximité des abattoirs, des hôtels et des unités industrielles. Ces points de proliférations coïncident généralement avec les points de déversements des rejets liquides

Des prélèvements d'échantillons ont été faits dans différents sites (tableau 1) pour déterminer la composition chimique des eaux usées et notamment leur richesse en éléments nutritifs. Il s'agit

de vérifier si ces milieux sont favorables à la croissance des plantes aquatiques. Le tableau ci-dessous montre que les concentrations en azote ammoniacal, en nitrites en nitrate en phosphore sont beaucoup plus fortes en période de basses eaux que pendant la crue. Cependant le niveau des phosphates de la plupart des points de rejet des eaux usées est resté supérieur aux normes durant toute l'année. Ce phénomène est favorable à la multiplication de la jacinthe, surtout que durant la même période certaines unités industrielles déversent des eaux très riches en nitrates.

**Tableau 1 : comparaison des concentrations physico-chimiques selon la période (basses eaux et hautes eaux)**

Lieux de prélèvement	Période de basses eaux : concentrations en mg/l						Période de hautes eaux : concentrations en mg/l					
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	pH	Conductivité	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	pH	Conductivité
Réseaux d'égout	9,97	0,03	23,47	7,73	7,4	488,6	4,41	0,04	0,14	2,19	6,97	33,28
Abattoirs	3,69	0,12	48,25	2,87	6,6	639,47	0,73	0,005	0,73	0,43	6,29	26,61
Teintureries	0,69	0,03	4,40	0,53	7,6	118,3	0,17	0,01	3,08	0,31	6,61	49,4
Collecteurs	4,38	0,03	15,4	3,4	8,3	594,67	0,87	0,21	13,8	0,37	6,51	116,9
Unités industrielles	2,75	0,04	29,33	2,13	7,8	793,87	0,75	0,41	16,43	0,79	7,28	422,8

On a ensuite étudié la vitesse de la croissance de la jacinthe d'eau

**Tableau 2 : Comparaison de la croissance de la jacinthe d'eau entre les deux périodes**

Traitement	Période de Basses eaux Nombre de jours	Période ou hautes eaux Nombre de jours
T1 = RE	3	3
T2 = Collecteur	3 et $\frac{1}{2}$	6
T3 = Tamali	3 et $\frac{1}{2}$	4

En période de basses eaux, l'étude a montré que les réseaux d'égouts déversent des eaux dans lesquelles la jacinthe d'eau se multiplie plus vite dans les eaux provenant des collecteurs et des usines. Il suffit de 3 jours pour qu'une plante donne naissance à une plante fille, lorsque la jacinthe est mise en culture sur les eaux usées provenant des réseaux d'égout, alors qu'il y faut 3 jours et demi pour les collecteurs et l'usine TAMALI.

En période de hautes eaux, cette vitesse de multiplication est toujours 3 jours pour les réseaux d'égouts, alors qu'elle est de 4 jours pour TAMALI et 6 jours pour les collecteurs. Durant cette période il y a une diminution de la vitesse de multiplication de la jacinthe sur les eaux usées provenant des collecteur et des usines. Cela s'explique par la dilution des éléments nutritifs, dilution consécutive aux pluies qui tombent durant cette période. D'une manière générale la multiplication de la jacinthe sur les eaux usées provenant des principales sources de pollution du fleuve est beaucoup plus rapide que celle de 15 à 20 jours citée dans la littérature au Niger (Dalatou 1997)

### Evaluation des lâchers de charançons

Les lâchers de charançons ont commencé dans la mare de Kalaban a partie de l'unité d'élevage de Sotuba. Environ 1000 insectes ont été lâchés par mois entre 1997 et 1998. Au total les lâchers ont été faits sur 10 sites autour de Bamako, 4 sites entre Bamako et Ségou et 5 sites dans la zone de l'Office du Niger. Les évaluations de biomasse faites entre 1997 et 1999 sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3: évaluation des lâchers de charançons dans la mare de Kalaban

Dates	Nombre de plants/m2	Nombre de tiges/m2	Long/m2 en cm	Poids/m2 en kg	Insectes /m2
04/09/97	86	8	59	32.3	0
9/12/1997	106.33	7.59	61.98	34.33	93
10/2/98	83	7,82	55,65	31	127
9/12/99	88.33	7.44	64.43	29.33	158

On observe au bout de trois ans une légère diminution du nombre de tiges et du poids frais de la jacinthe. Cette diminution s'accompagne d'une augmentation du nombre de *Neochetina*, augmentation est plus rapide la première année que la seconde ou la troisième. Elle passe de 0 à 158 insectes /m2.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les prospections ont permis de montrer que la jacinthe s'est implantée de manière durable au Mali. Elle est localisée principalement dans le fleuve Niger et les réseaux d'irrigations de l'Office du Niger et du PRB. La zone de Bambougou, le barrage de Markala, le fala de Molodo et la zone de Miyou peuvent constituer des points de lâcher des charançons.

Concernant l'aspect bio-écologie, il a été remarqué que les plantes de jacinthe prolifèrent aux points de rejet des eaux usées où il existe un support constitué par la matière organique. Les résultats des analyses ont montré que les teneurs en composants organiques sont plus élevées que les normes OMS. Cette concentration des éléments nutritifs est favorable à la multiplication de la jacinthe. Deux de nos observations, la richesse relative en phosphore, élément indispensable à la croissance de la jacinthe durant toute l'année, d'une part, et la vitesse de croissance plus rapide dans nos conditions que ce qui a été rapporté dans la littérature, sont inquiétantes. Elles impliquent que des mesures doivent être prises pour freiner cette catégorie de pollutions.

Concernant la lutte biologique, les charançons se sont maintenus et multipliés dans les sites permanents comme les mares. Les plans d'eau qui sont fortement influencés par le régime de crue et décrue présentent une situation différente où il faut chaque année ré-infester les sites pour augmenter le nombre d'insectes résiduels.

Les études vont se poursuivre sur les aspects suivants :

- l'élevage, les lâchers des charançons et l'évaluation de l'impact de la lutte biologique
- les études biologiques sur le rôle de la reproduction sexuée dans la prolifération de la jacinthe

d'eau

- la lutte chimique et physique comme complément à la lutte biologique dans le cadre d'une approche intégrée
- la recherche d'ennemis autochtones
- le compostage de la jacinthe pour son utilisation par les riziculteurs et les maraîchers

## Bibliographie

- AKINYEIJU O. A. 1987. Invasion of Nigerian waters by water hyacinth. *J. Aquat. Plant Manage.*, 25: 24-26
- BARRET S.C.H. and I. W. FORNO 1982. Style morph distribution in new world populations of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach (Water hyacinth). *Aquatic Botany* 13:299-306
- DALATOU M. MAMANE 1997. RESADEP/Institut PANOS. L'environnement au Niger: La jacinthe d'eau: Le SIDA vert du fleuve. Pages 283-286.
- DEMBELE, B. 1994. La Jacinthe d'eau un nouveau fléau pour les cours d'eau du Mali. *Sahel PV info CILSS/UCTR/PV n° 63* Juillet 1994. Pages 12-14
- DEMBELE B.ET A. DIARRA, Février 1997. *Sahel IPM N° 13* "Projet d'Appui à la lutte contre la jacinthe d'eau et les autres plantes aquatiques au Mali". Pages 3-10
- HARLEY K. L. S. 1994. *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach In Labrada R., J. C. Parker. Eds. *Weed management for developing countries*, P 123-124. FAO plant production and protection paper N° 120 Rome FAO. 384 pp.
- HOLM L.G, L.W. WELDON AND R.D. BLACBURN 1970. Aquatic weeds, *Pans* vol. 16 N°4 576-589.
- CHIKWENHERE G. P. 1994. Biological control of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Zimbabwe- result of a pilot study.fao Bulletin phytosanitaire vol.42/4 p 185-190

## **Présentation du projet GHENIS**

**Housseyni MAÏ GA et Nianti Ousmane TANGARA**

Le projet « Gestion hydro-écologique du Niger supérieur » (GHENIS) constitue une initiative bilatérale des gouvernements de Guinée et du Mali ; son objectif global est de parvenir à une gestion hydro-écologique durable des ressources du bassin du Niger Supérieur qui couvre une superficie de 140.000 kilomètres carrés dont 40.000 au Mali et 100.000 en Guinée

Cette initiative est née après l'apparition d'une onde de pollution au Mali, en juillet 1993. Le caractère transfrontalier du Fleuve Niger impose une coopération entre le Mali et la Guinée en préalable à toute activité visant à une gestion durable du fleuve dans sa partie supérieure. Cette coopération s'est concrétisée par la mise en œuvre d'un projet pilote de création d'un système de suivi hydro-écologique du bassin supérieur du Niger, grâce à l'assistance financière et technique du Royaume des Pays-Bas.

Les activités opérationnelles de ce projet pilote ont été exécutées de juin 1995 à octobre 1996. La phase actuelle, dénommée projet GHENIS, s'inscrit dans le même cadre. Elle a démarré depuis janvier 1999, bénéficie aussi de l'assistance financière et technique du Royaume des Pays Bas et prendra fin en juin 2002.

### **Objectifs du projet**

Les objectifs globaux du projet GHENIS sont :

- 1) l'amélioration des connaissances hydro-écologiques sur le bassin supérieur du Niger ;
- 2) la facilitation de la prise de décision relative aux risques de dégradation des eaux du fleuve Niger.

Des objectifs spécifiques ont été arrêtés dans cette perspective :

- renforcement de la capacité technique des cadres du projet en Guinée et au Mali,
- création d'un centre d'information et de documentation (CID) par pays,
- mise en place et exploitation d'un réseau d'alerte et d'un réseau de suivi hydro-écologique du fleuve Niger et de ses affluents, de la Guinée aux environs de Ké Macina,
- formulation des programmes d'action à court, moyen et long termes en vue d'améliorer la gestion hydro-écologique durable et équitable du bassin, au Mali et en Guinée,
- exécution des études relatives à la qualité des eaux et à la valeur économique du fleuve Niger en vue d'améliorer les connaissances hydro-écologiques dans chacun des deux pays.

### **Zone d'Etude**

Le projet GHENIS couvre le bassin du Niger Supérieur, c'est-à-dire :

- en Guinée : le Niger depuis sa source dans le département de Faranah jusqu'au Mali ; le Tinkisso, de sa source jusqu'au Niger ; le Niandan , de sa source jusqu'au fleuve Niger ; le Milo, de sa source jusqu'au fleuve Niger ; le Sankarani, de sa source jusqu'au Mali ;

- au Mali : le Niger, depuis la frontière Guinéenne jusqu'à Macina ; le Sankarani depuis la frontière guinéenne jusqu'à sa confluence avec le fleuve Niger.

### **Activités du projet**

Les activités contribuant à la réalisation des objectifs spécifiques cités plus haut ont été réparties en cinq volets:

- 1) le renforcement des capacités nationales ;
- 2) la création de deux centres d'information et de documentation (un en Guinée et un au Mali) ;
- 3) la mise en place et l'exploitation d'un réseau d'alerte et d'un réseau de suivi hydro-écologique ;
- 4) la formulation des programmes d'action à court, moyen et long terme ;
- 5) la réalisation des études complémentaires.

### **Les acquis du projet**

#### 1) Renforcement des capacités techniques :

- tous les membres des équipes, dans les deux pays, ont été formés à la maîtrise de l'outil informatique et à l'utilisation des outils spécifiques GHENIS, logiciels de cartographie et de SIG, logiciel de traitement des données hydrologiques, etc...
- des réunions de concertation entre les deux équipes ont été tenues et des ateliers de sensibilisation des utilisateurs ont été organisés ;

#### 2) Création de CID

Au Mali, le centre est à présent fonctionnel. En 2002, il dispose de 230 ouvrages relatifs au fleuve Niger et d'un site Web. La préparation des données à mettre en ligne ainsi que l'installation du SIG et la production cartes thématiques sont également en cours.

#### 3) Réseau d'alerte

Huit stations automatiques sont opérationnelles et fournissent quotidiennement des informations sur les cotes du fleuve Niger, la turbidité de l'eau, la température et l'oxygène dissous. Elles sont installées à Markala, Sotuba, Koulikoro, à la centrale de l'EDM à Bamako, ainsi qu'à Kienroba, Banankoro, Selingué et Djibenda.

En ce qui concerne le réseau de suivi écologique, les enquêtes réalisées au niveau d'une trentaine de sites ont permis de dresser la liste des espèces de faune et de flore présentes actuellement dans le bassin, et de préparer un document sur l'état de l'environnement dans le bassin.

#### 4) Programmes d'action à court, moyen et long termes.

Les différents ateliers des utilisateurs des ressources du fleuve Niger, organisés dans les deux pays au cours de l'année 2001, ont permis de dégager des axes pour la formulation de certaines actions pouvant faciliter la gestion durable des ressources du Niger. Il s'agit notamment de la création des comités de bassin, de la mise en œuvre d'actions de protection du bassin, et d'un programme d'information, d'éducation et de communication à destination des utilisateurs du fleuve Niger.

#### 5) Etudes complémentaires.

Les études sur le profil en travers sur l'ensemble du bassin de la zone du projet au Mali ont été réalisées ; les mesures sur la qualité de l'eau sont effectuées deux fois par an sur tous les sites sensibles en période de hautes eaux et de basses eaux.

**Bibliographie** (publications du centre d'information et de documentation) :

- Annuaire hydrologique de l'année 1999
- Répertoire des principales essences ligneuses du Niger Supérieur
- Etudes sédimentologiques du Niger Supérieur de Banankoro à Koulikoro
- Rapport technique de l'enquête socio-écologique sur le Niger Supérieur

## **SYSTEMES HALIEUTIQUES**

La pêche représente pour le Mali une activité très importante, tant par son poids social que par sa contribution relative à la richesse nationale, estimée il y a quelques années à 4,2 % du PIB. Pour les 4/5 environ, la pêche malienne se concentre dans le vaste système fleuve-plaine de 30 000 kilomètres carrés appelé « delta intérieur du Niger ». Le nombre de pêcheurs y est estimé à 65 000, ce qui correspond approximativement, enfants, femmes et vieillards inclus, à une population de 250 000 personnes trouvant dans la pêche une part importante de ses moyens d'existence. Par ailleurs, des dizaines de milliers de personnes vivent des revenus générés par les autres segments de la filière, depuis la fourniture des intrants (filets) jusqu'à la commercialisation des produits (poisson frais et transformé).

Toutefois, à partir du milieu des années 70, la pêche deltaïque traversa une succession de graves difficultés : baisse drastique des quantités commercialisées transitant par Mopti, échec retentissant de plusieurs projets de développement (usine de conditionnement du « capitaine » *Lates niloticus*, système de crédit aux pêcheurs *via* un réseau de coopératives), retrait des grands bailleurs de fonds... Les autorités du pays, pensant avoir affaire à une « crise de la pêche », se tournèrent vers deux instituts scientifiques (l'INRZFH et l'Orstom, aujourd'hui devenus respectivement l'IER et l'IRD) pour en étudier les causes et pour rechercher des solutions appropriées.

C'est sur la base de cette demande qu'un programme de recherche, centré sur la connaissance du « système de production halieutique », a été mené à bien durant les années 1986 à 1993 par une équipe de recherche pluridisciplinaire désignée par ces deux instituts

Les deux premières communications présentées dans cette partie résument quelques-uns des résultats majeurs de ce programme et montrent le changement de perspective gestionnaire qui en est résulté, à savoir le dépassement de l'approche focalisée sur la seule *gestion des stocks* de poissons pour aller vers une vision systémique plus large, seule capable de fonder les principes d'une *gestion intégrée*. La troisième communication relate l'opération qui a été développée de 1995 à 2000 autour de la mise en œuvre de l'une des recommandations finales de ce programme, à savoir la création d'un outil de suivi.

## **Les apports du « Programme d'études halieutiques du delta central du Niger » au développement durable des pêcheries maliennes**

**Jacques QUENSIERE**

Le « Programme d'études halieutiques du Delta central du Niger » a été initié en 1983, à la demande des autorités maliennes qui souhaitaient une analyse détaillée de la situation des pêcheries afin d'établir les bases d'une gestion mieux adaptée à leurs particularités.

En effet, après une période de développement rapide qui avait conduit à un doublement de la production entre les années 40 et les années 60, les pêcheries deltaïques connaissaient une forte récession depuis une quinzaine d'année. Cette récession s'était traduite par la réduction des quantités de poisson produites, la diminution des tailles des captures, la raréfaction, voire la disparition de certaines espèces et le développement de graves conflits entre groupes de pêcheurs.

On s'accordait alors à penser que l'irresponsabilité des pêcheurs entraînait une exploitation excessive qu'il convenait de contenir par une réglementation plus sévère. Mais peu de travaux de recherches avaient été entrepris depuis les années 50, et l'on ne disposait pas des données chiffrées pour confirmer une telle thèse.

Le premier travail du Programme a donc été d'acquérir de l'information en biologie, écologie, statistiques de pêches, mais aussi en anthropologie, en économie et en démographie. Il fut alors facile de démontrer que les approches des causes de dysfonctionnement des pêches étaient trop exclusivement biologiques :

- En prouvant tout d'abord, par des travaux halieutiques et bio-écologiques, que la surexploitation des ressources n'avait jamais existé et ne pouvait donc être responsable des dysfonctionnements observés ;
- En recourant ensuite à la reconstitution des histoires passées et présentes des pêcheries et des sociétés deltaïques pour démontrer que les grandes phases de l'évolution des pêcheries depuis le début du siècle ne peuvent s'expliquer à partir de leurs seuls déterminants biologiques, mais qu'elles font aussi appel à l'influence de facteurs sociaux, monétaires, techniques, politiques et réglementaires.

Une nouvelle représentation scientifique des pêches a alors pu s'imposer. Elle prend en compte les dimensions sociales, économiques, culturelles et politiques jusque-là négligées, et utilise un modèle systémique, qui conduit aux principes de la gestion intégrée.

Aujourd'hui, dix ans après la conférence de Rio et treize ans après la publication du rapport Bruntland, il n'est plus nécessaire de démontrer que les productions humaines basées sur l'usage des ressources naturelles constituent des systèmes complexes, où interagissent des déterminants naturels et sociaux, et que la gestion de ces systèmes doit intégrer ces deux dimensions (qui renvoient pour l'une, aux aspirations humaines de développement économique et social, et pour l'autre à la durabilité des ressources).

Au Mali, cette démonstration est d'autant moins nécessaire que, à la suite des travaux du Programme et de leur restitution en 1994, à l'occasion des fêtes du cinquantenaire de l'IRD (ex Orstom), une nouvelle politique des pêches a été élaborée, avec notre contribution, pour permettre une meilleure intégration des pêcheurs dans les processus de décision.

Néanmoins, la contribution de nos travaux à l'élaboration de politiques nationales n'épuise pas leur potentiel d'analyse et de diagnostic. Ils permettent d'éclairer certaines des questions nouvelles que soulève l'intégration des pêcheries deltaïques dans le développement durable de l'ensemble du delta central du Niger.

Nous participons donc à ce débat en évoquant deux aspects du problème : l'un concerne la durabilité des ressources, l'autre le développement des pêcheries

### **La durabilité des ressources**

La question de la durabilité des ressources conduit à rappeler que le poisson n'est qu'un produit de l'écosystème. La ressource des pêcheries n'est donc pas le poisson, mais l'écosystème deltaïque dans son ensemble. On sait en effet que les espèces capturées dans le delta central sont présentes sur de vastes portions du cours du Niger, mais toujours à de faibles densités. Leur abondance dans le delta résulte de la nature de ce dernier : c'est une vaste plaine d'inondation où les débordements des eaux de crue génèrent un ensemble de conditions écologiques favorables à la croissance des poissons, à leur reproduction et à la survie des alevins.

Mais cette conjonction favorable de conditions écologiques est fragile et peut très facilement être altérée.

<b>N°</b>	<b>Facteurs productifs</b>	<b>Causes possibles d'appauvrissement</b>
1	Abondance et saisonnalité des apports de crues	Retenue d'eau (stockage) Pompage Détournement d'une partie des eaux
2	Extension des superficies inondables	Surcreusement du lit mineur Endiguement des berges Alluvionnement excessif des plaines (érosion en amont)
3	Diversité des biotopes fluviaux	Pertes de connectivité latérales (cf. 2) Assèchement des milieux permanents Endiguement partiel des plaines
4	Migrations de poisson	Non progressivité de la crue (cf. 1) Altération de la saisonnalité des crues Obstacles aux migrations (barrages)
5	Capacité d'accueil de la plaine	Pollutions (bassin amont, plaine eaux) Diminution des superficies disponibles, des durées d'inondations (cf. 1&2) Perte de diversité des biotopes (cf. 3)

L'inventaire, bien que très incomplet, montre que les risques de perte de production sont nombreux. Ils font référence à des processus naturels qui correspondent à des échelles différentes (gestion de l'eau sur l'ensemble du bassin, aménagements du fleuve ou des plaines d'inondation) et concernent donc des niveaux de décision différents :

- l'Etat et les accords internationaux pour la gestion globale ,
- les régions et les communes pour la gestion des plaines et la régulation des aménagements ; mais aussi les instances qui traitent directement de la pêche aux niveaux local et régional

La préservation des productions halieutiques fait donc appel à des interactions complexes entre plusieurs instances qui ne sont pas toujours directement concernées par la pêche.

Sachant que les ressources (en eau et en espaces deltaïques) nécessaires à la pêche sont aussi nécessaires au développement de nombreuses autres activités, ne convient-il pas de s'interroger encore sur :

- l'élaboration de procédures d'évaluation de l'impact des autres usages de l'eau sur les pêcheries ;
- la représentation des intérêts du secteur halieutique dans les différentes instances de décisions ;
- les méthodes à mettre en œuvre pour maintenir un potentiel productif important au cas où des aménagements de diverses natures provoquent une réduction des superficies inondables ou des apports en eau utiles à la pêche.

De très grands progrès ont certes été accomplis ces dernières années pour prendre en compte ces problèmes, mais ces quelques exemples montrent que, contrairement à la tendance actuelle qui privilégie les échelles locales dans le traitement de la durabilité, le rôle de l'Etat au niveau centralisé et décentralisé reste essentiel à la préservation des ressources. Ils montrent aussi que les questions d'apparence strictement biologiques font intervenir, à différentes échelles, des enchaînements de processus dont certains sont strictement sociaux (la place des pêcheurs dans la société deltaïque), économiques (les conflits d'intérêt entre usages) ou politiques (accords internationaux, politiques nationales d'aménagement et de développement).

### **Le développement des pêcheries**

De la même façon, la nature systémique des pêcheries conduit à envisager les questions de développement, d'une part dans la diversité des processus culturels, sociaux, économiques et politiques qu'ils impliquent, et, d'autre part, dans les interactions, à différentes échelles, de ces processus entre eux et avec les processus naturels.

Nous nous limiterons ici à deux questions récurrentes concernant le mieux-être économique et social des pêcheurs.

Depuis l'Indépendance, les modalités d'accès à la pêche sont basées non plus sur le statut des personnes, mais sur l'acquittement de certains droits (permis de pêche, droit d'accès aux pêcheries, etc.). Cela provoque un accroissement constant du nombre des pêcheurs et donc la diminution de la part que chacun peut prélever sur un potentiel naturel qui, défini par la crue, est inextensible. Il en résulte que l'espérance de croissance économique des pêcheurs est étroitement liée de la limitation des accès à la pêche.

Comment limiter le nombre des pêcheurs sans être en contradiction avec l'égalité des citoyens ? Il y a là une contrainte biologique forte (les limites de la production naturelle annuelle) qui induit des choix sociaux et économiques importants, à l'échelle des pêcheries, mais aussi à l'échelle des autres activités susceptibles d'accueillir le surplus des pêcheurs. Le développement durable de la pêche ne peut donc être considéré isolément. Il renvoie aux conditions d'un développement global, établi en respect des contraintes naturelles.

Un autre aspect du développement des pêcheries concerne la répartition des plus-values dans la filière. La question n'est pas neuve : la création des coopératives sous Modibo Keïta et les actions

de l'OPM à partir de 1970 étaient déjà orientées vers l'atténuation du rôle des commerçants et la diminution des fortes marges qu'ils s'accordent aux dépens des producteurs et transformateurs.

On sait aujourd'hui que ces marges sont nécessaires puisque ce sont les commerçants qui assurent le fonctionnement du secteur en prenant à leur charge les risques financiers, commerciaux et la précarité des transports. Il fait peu de doute que la diminution des coûts passe par l'amélioration des infrastructures routières, l'incitation à l'investissement privé, l'amélioration de la qualité des produits, l'accès à des marchés plus porteurs... Ces questions, pour l'essentiel, échappent à la capacité d'initiative des pêcheurs et concernent une aptitude à la conception et à la mise en place de politiques nationales et régionales de valorisation du secteur et de ses produits. Là encore, le niveau local de décision et d'initiative renvoie à d'autres niveaux régionaux et nationaux de décision et d'initiative.

Pour conclure, nous rappellerons que le Programme d'études halieutique a contribué à faire connaître au Mali dès les années 80 la nature systémique des pêcheries. Cette approche des interactions nature-société est aujourd'hui largement diffusée. Elle conduit à des analyses plus complètes que le modèle précédent de gestion biologique. Elle est également beaucoup plus opératoire.

La réflexion théorique menée conjointement par l'IRD et l'IER a permis de mieux identifier les procédures de diagnostic et les méthodes utiles à la prise de décision (observatoires des pêches tout particulièrement). En cela, elle contribue à une meilleure définition des modalités de réalisation de l'objectif national de développement durable des productions rurales maliennes.

## Références bibliographiques

- CHABOUD (C) et CHARLES-DOMINIQUE (E), 1991, « Les Pêches artisanales en Afrique de l'Ouest : Etat des connaissances et évolution de la recherche ». In: Durand (J.- R), Lemoalle (J) et Weber (J.) (éds.), *La recherche face à la pêche artisanale, Colloques et Séminaires, 1*, pp. 99-141
- DAGET (J.), 1949, « La pêche dans le Delta Central du Niger », *Journal de la Société des Africanistes*, 19 (1) pp. 1-79
- FAY (C.), 1989, « Systèmes halieutiques et espaces de pouvoir: transformation des droits et des pratiques de pêche dans le Delta Central du Niger (Mali), 1920-1980 », *Cah. Sci. Hum.* 25 (1-2) pp. 213-236.
- Ministère du Développement Rural et de l'Environnement, 1997, « *Projet de schéma directeur de développement de la pêche et de la pisciculture au Mali* », 70 p.
- QUENSIERE (J.), 1993, « De la modélisation halieutique à la gestion systémique des pêches ». *Natures, Sciences, Sociétés*, 1 (3), pp. 211-220.
- QUENSIERE (J.), 1994, « La Pêche dans le Delta Central du Niger: approche pluridisciplinaire d'un système de production halieutique ». *Paris, IER-ORSTOM-Karthala, vol. 1, 495 p.; vol. 2 8cartes + notice.*
- TOUNKARA (S. B.) & QUENSIERE (J.), 1996, « Système des plaines d'inondation ». In *Initiative de Recherche Halieutique ACP-UE n°2: Actes de la deuxième réunion de dialogue sur l'Afrique centrale et occidentale et l'Union Européenne. Dakar, Sénégal, 22-26 avril 1996*, pp. 103-125.

## Socio-anthropologie de la pêche et des pêcheurs

Bréhima KASSIBO

Les études consacrées au fleuve Niger ont initialement porté sur la ressource biologique et sur l'écosystème. Les dysfonctionnements qui ont affecté le système fluvial au cours des années 70 et 80, caractérisés par des bouleversements d'ordre climatique, social et économique, ont infléchi la recherche vers une prise en compte réelle de la dimension sociale de la pêche et des pêcheurs. Ouvertement sollicitées par les décideurs institutionnels dans le but de fournir des réponses précises à des questions brûlantes, les sciences sociales ont été amenées à jouer un rôle important dans le domaine de la pêche, qui est avant tout une activité sociale.

Pour les chercheurs, il s'agissait alors de révéler, grâce à des approches pluridisciplinaires, la nature complexe du système pêche, à travers ses composantes autant naturelles que biologiques et humaines. Au sein du « Programme d'études halieutiques du Delta central du Niger », les études en sciences sociales ont surtout porté sur la caractérisation des systèmes sociaux de la pêche dans ce vaste bassin.

Ces études ont montré les liens historiques qui ont présidé à la socialisation des espaces de production halieutique, insérés dans des aires de domination géopolitique qui se sont érigées autour du fleuve Niger en tant que principal acteur de communication, d'intégration et d'échanges culturels et économiques du Soudan médiéval. L'étude du peuplement humain de cette région a mis en exergue la division ethno-professionnelle qui a conditionné l'apparition d'un peuple de l'eau, aux origines diverses, qui se définit par ses rapports au milieu aquatique, et qui a façonné son identité propre.

Les règles traditionnelles d'appropriation et de gestion des espaces de production aquatique, constamment modifiées sous l'action des puissances hégémoniques, laissent transpirer les différents types d'arrangements institutionnels qui ont régi, au fil des siècles, l'exploitation de la ressource. L'apparition et le chevauchement d'une pluralité de droits et de normes sociales en interférence continuelle ont conditionné les pratiques et les systèmes de représentation sociale en générant et en faisant évoluer les systèmes de production halieutique.

L'étude de cette dynamique halieutique, à travers les stratégies d'exploitation, a montré la richesse, l'extrême diversité, et la grande flexibilité des systèmes de production et d'activité, qui sont fondés sur une connaissance profonde de l'être humain, de son milieu de vie et de leurs interactions réciproques. Les différents modes d'organisation sociale, des *tons* ou associations traditionnelles aux formes modernes (associations villageoises, coopératives, comités et conseils de gestion des pêcheries...), se sont révélés comme autant de tentatives de restructuration du corps social pour déterminer et satisfaire des besoins d'ordre économique et social.

De même, l'étude des techniques et engins de pêche en constante évolution fait apparaître l'ingéniosité des acteurs et la redoutable efficacité du savoir local, apte à faire face à toutes les situations susceptibles de mettre en péril l'existence du corps social entier.

Au temps où de récentes et importantes réformes institutionnelles offrent de nouvelles opportunités organisationnelles dans le cadre de la législation, les sciences sociales ont aidé à la

mise en place d'organes participatifs de gestion et d'exploitation de la ressource, ainsi que d'outils d'évaluation et de contrôle des différentes activités (systèmes de suivi de la pêche, SIG, zones-test, systèmes de gestion décentralisée des pêcheries...).

De même, face à la multiplication anarchique des interventions sur le fleuve Niger, soumis à une dégradation avancée, les sciences sociales ont porté leur réflexion sur la coordination des différents projets de gestion et d'aménagement dans une perspective locale, puis régionale, la seule qui puisse assurer la durabilité de l'écosystème régional.

Une bibliographie sélective des travaux réalisés en socio-anthropologie illustre l'importance des travaux scientifiques réalisés sur le fleuve Niger et est un point de départ pour le transfert aux utilisateurs intéressés des résultats acquis au cours de plusieurs années de recherche.

### **Références bibliographiques :**

B. Kassibo, 1994, « Histoire du peuplement humain », pp 81-97 in J. Quensièrre (éd.) *La pêche dans le Delta Central du Niger*, Karthala-ORSTOM-IER

B. Kassibo, H. Rey, M. Salamnata, 1994, « Pirogues et constructeurs, approche d'une activité informelle », p. 311-322 in J. Quensièrre (éd.) *La pêche dans le Delta Central du Niger*, Karthala-ORSTOM-IER

B. Kassibo, 1994, « Système de production et d'activité, trois études régionales : la zone prélacustre de Sendégué », pp. 383-400 in J. Quensièrre (éd.) *La pêche dans le Delta Central du Niger*, Karthala-ORSTOM-IER

B. Kassibo, C. Fay, E. Bauman, 1994, « Systèmes de pêche et stratégies globales », p. 401-405 in J. Quensièrre (éd.) *La pêche dans le Delta Central du Niger*, Karthala-ORSTOM-IER

B. Kassibo, 2000, « La problématique de la gestion décentralisée des ressources naturelles renouvelables au Mali, le cas des pêcheries du Delta central du Niger », in P. Lavigne Delville, C. Toulmin, S. Traore : *Gérer le foncier rural en Afrique de l'Ouest, dynamiques foncières et interventions publiques*, Karthala-URED, Paris, 2000

## **Vers des outils de suivi environnemental : l'expérience de l'observatoire de la pêche dans le Delta intérieur du Niger**

**Pierre MORAND et Amaga KODIO**

Qu'ils soient de niveau international, national ou local, les décideurs sont aujourd'hui conscients de la nécessité d'une prise en compte des aspects environnementaux dans la définition des politiques et dans la gestion courante des affaires dont ils ont la charge. C'est pourquoi ils éprouvent un besoin grandissant d'informations fiables et actualisées sur l'état de l'environnement. Face à cette demande, la situation qui prévaut actuellement en matière d'offre d'information est dramatiquement mauvaise. Pour tenter d'y porter remède, différentes initiatives et projets, appelés tantôt *observatoire* tantôt *système d'information sur l'environnement*, ont été lancés au cours de ces dernières années. Si les objectifs généraux de ces projets sont clairs, les voies et moyens de leur réalisation posent généralement problème. Il semble manquer une méthodologie reconnue pour guider le travail de conception et de mise en place de tels outils de suivi.

C'est en regard de ce déficit qu'une expérience *concrète* de mise en place d'un dispositif de suivi peut apporter une contribution utile. Car seule une expérience de ce type permet, premièrement, de mettre au point et de tester *en conditions réelles* les solutions techniques aptes à faire fonctionner durablement un système d'information et, secondairement, de concevoir et de valider *auprès d'utilisateurs concernés* une série d'outils de communication.

Compte tenu du contexte (local et national), au milieu des années 90 la pêche dans le delta intérieur du fleuve Niger offrait un terrain de choix pour une telle expérience. En effet, suite au sentiment qu'il existait une « crise » affectant cette pêcherie depuis le milieu des années 70, les autorités maliennes avaient sollicité deux instituts scientifiques (aujourd'hui dénommés IER et IRD) pour effectuer des recherches sur la nature de cette crise, pour en identifier les causes et également pour proposer des voies d'amélioration possibles. Ces travaux scientifiques, réalisés dans les années 1986 à 1993 par une équipe pluridisciplinaire, avaient conduit à la publication d'un ouvrage de synthèse (Quensière *ed. sc.*, 1994) incluant un chapitre de recommandations. Parmi celles-ci, était préconisée la « création d'un organe de suivi » pour assurer « la collecte régulière, l'archivage et la mise à disposition d'informations sur les différentes composantes du secteur ». L'expérience de mise en place d'un suivi focalisé sur la pêche dans le delta intérieur du Niger trouvait ainsi une certaine légitimité.

Cependant, il s'est avéré que le processus de maturation politique nécessaire à l'établissement d'un organe *institué* de suivi (de la pêche ou, plus largement, de l'environnement deltaïque) a été, au cours des années suivantes et jusqu'à ce jour encore, beaucoup plus difficile et plus long que prévu. Malgré ce contre-temps, l'expérience de mise en place d'un dispositif pilote (ou prototype) de suivi gardait un grand intérêt, dans la mesure où elle se fixait pour objectifs spécifiques de réaliser les six opérations techniques de préparation d'un observatoire permanent, à savoir :

1) la mobilisation, sur la base des travaux existants, *des pré-requis ou bases scientifiques*, visant d'une part à identifier et à sélectionner les processus et les phénomènes à surveiller, d'autre part à assimiler des typologies et des stratifications de base ;

- 2) la mise au point et la validation de *procédures d'échantillonnage, de recueil et de stockage des données* ;
- 3) la mise au point et la validation de *procédures de traitement des données* utilisables en routine ;
- 4) la mise au point et la validation d'*outils de communication* (langages et modes de présentation, supports de diffusion) capables de transmettre une information lisible et utile vers les destinataires ;
- 5) la constitution d'un *jeu référentiel de données et d'informations*, indispensable pour interpréter les nouveaux résultats au fur et à mesure de leur émission ;
- 6) la formation ou le renforcement de la *capacité technique des acteurs* (à l'intérieur de l'IER mais aussi à l'Opération pêche de Mopti) devant intervenir dans le cycle de production et de diffusion de l'information.

Intégrant toutes ces opérations, la mise en place du dispositif pilote s'est déroulée de fin 1994 à mi-1999 en tirant partie de différentes ressources, jamais très importantes et qui se sont succédées de façon plus ou moins prévisibles au fil des années<sup>4</sup>.

Le dispositif en place se présente comme suit:

- 1) un système d'enquête déployé sur trois zones échantillon (totalisant 400 km<sup>2</sup>) et qui est composé essentiellement de deux modules :
  - une enquête de recensement des présences et des activités déclarées, à passage bimestriel ;
  - une enquête factuelle sur les sites de mise à terre qui réalise des observations sur les retours de sorties de pêche et en particulier sur les prises obtenues ;
- 2) un système de stockage et d'extraction de données, composé d'une base de données et de deux applications informatiques (SIPDelta S et SIPDelta T) ;
- 3) un ensemble de procédures (non encore automatisées) d'édition de tableaux, graphes et cartes de formats pré-définis ;
- 4) des supports de diffusion : bulletin, site web et cederom.

Selon les périodes, cinq à six personnes de l'IER, de l'OPM et de l'IRD ont travaillé au fonctionnement de ce dispositif expérimental de suivi (soit en moyenne : deux chercheurs-ingénieurs, un technicien et deux ou trois agents de terrain). Les coûts récurrents de fonctionnement, hors salaire des fonctionnaires titulaires, sont restés faibles (de l'ordre de douze millions de francs CFA par an).

Au cours des six années où les enquêtes ont pu être réalisées de façon assez régulière (c'est-à-dire de 1995 à 2000 inclus), le dispositif expérimental a montré son efficacité en révélant à un public diversifié différents faits, tendances ou phénomènes touchant la pêche, parmi lesquels : l'irrégularité inter-annuelle des cycles de migration des pêcheurs ; la baisse des prises moyennes réalisées par sortie entre début et fin de campagne de pêche ; l'accroissement du recours à des techniques particulières de pêche dans certaines zones ; le développement de la commercialisation en frais suite à l'engouement du marché pour ce type de produits ; la forte variabilité inter-annuelle des captures moyennes par sortie (laquelle entraîne celle, bien connue, des flux commercialisés à Mopti).

---

<sup>4</sup> IER, IRD et OPM (ressources humaines et logistiques) ; PNRA, SIMES et WiseDEV (appuis financiers)

Outre la réalisation des six objectifs techniques cités plus haut, l'expérience a fourni des enseignements méthodologiques inattendus. Elle a notamment montré que le développement de formats d'information lisibles et interprétables (appelés encore « indicateurs ») était un processus long qui ne peut être bouclé dans les premiers mois d'un projet. Elle a aussi permis de montrer le grand intérêt qu'il y a à juxtaposer « en faisceau » des indicateurs proches, pour augmenter la fiabilité de leur interprétation. Elle a montré enfin que le système informatique d'un suivi pouvait très largement être fondé sur l'utilisation d'une suite banale de logiciels spécialisés, ce qui évite d'être confronté au défi que représenterait la construction d'un système hyper-intégré dédié.

Les points faibles apparus en cours d'expérience, en particulier un manque de différenciation des produits relativement aux types de destinataires, ont également été riches d'enseignements. Ils ont conduit à un certain nombre de réflexions post-expérience, notamment sur la nécessité de se référer à l'avenir à une grille précise de catégorisation des utilisateurs et des modes d'utilisation de l'information, de façon à pouvoir identifier de façon plus claire les fonctions assignées au(x) suivi(s). Il apparaît par ailleurs que les futurs systèmes de suivi environnementaux devront être dotés d'architectures qui permettent de répondre à des besoins d'information émanant de plusieurs niveaux de l'organisation sociale et institutionnelle.

Il nous semble que tout ou partie des acquis de cette expérience pourraient être utiles dans le cadre des suites attendues des développements institutionnels en cours –notamment la création d'une Agence du fleuve Niger dotée d'une mission d'observatoire.

### Références Bibliographiques

KODIO A. et MORAND P. (2000), cederom « 5 ans d'observatoire de la pêche dans le Delta intérieur du Niger ». Diffusé en 200 exemplaires à l'occasion du colloque GIRN-ZIT, Bamako, juin 2000. Nouvelle version « 6 ans (...) » disponible auprès des auteurs. Copyrights IER-IRD-OPM.

MORAND P., FERRARIS J. (1998), « L'évolution des systèmes d'enquête des pêches artisanales en Afrique de l'Ouest, entre questions halieutiques et choix méthodologiques » in F. Laloë, X. Perrier eds. sc., *De l'observation à l'analyse, implication de la biométrie dans les pays en développement*, Société Française de Biométrie, n°15, pp. 43-60.

MORAND P. et F. BOUSQUET (2000), « Simulation de l'exploitation de ressources (fleuve Niger) » in Gillon, Chaboud, Boutrais et Mullon (eds. sc.) *Du bon usage des ressources renouvelables*. 471 pp. Coll. Latitudes 23. IRD éditions. Paris. pp. 375-392.

MORAND P., A. KODIO et T. NIARÉ (à paraître), « Vers un observatoire de la pêche dans le Delta intérieur du Niger. Méthodes, résultats et enseignements d'un dispositif expérimental », in *Actes du colloque GIRN-ZIT, Bamako, juin 2000. Collection « Colloques et Séminaires »*. IRD.

## **ENVIRONNEMENT ET SYSTEMES D'EXPLOITATION**

Le thème « environnement et systèmes d'exploitation » regroupe cinq communications portant sur la végétation et la gestion des pâturages, les systèmes de production, la problématique foncière et sur un système d'information géographique dédié à la gestion du Delta intérieur.

Les formations végétales (P. Hiernaux & L. Diarra) sont décrites, classées (27 associations primaires et 93 mosaïques) et cartographiées à l'échelle du 1 :50 000. Pour chaque formation végétale, la flore, l'écologie et les productions fourragères renseignent la base de données accompagnant la cartographie. Un projet de recherche complémentaire est également proposé.

Amadou Kodio rappelle l'importance des « bourgoutières », les meilleurs pâturages du Delta, et expose les principes de gestion et de régénération de ces pâturages essentiels pour l'élevage régional.

Salmana Cissé analyse les principaux systèmes de production du delta central (pastoraux, agropastoraux, agricole et halieutique), mettant particulièrement l'accent sur la complexité des systèmes mixtes, sur la faiblesse de leur intégration dans l'économie moderne et sur la multiplicité des conflits fonciers.

Olivier Barrière replace les enjeux fonciers dans une perspective de gestion patrimoniale des ressources naturelles s'appuyant sur un marché des droits régulés, la participation des populations devant s'inscrire dans un cadre qui dépasse l'approche sectorielle pour englober l'ensemble des activités et des acteurs.

Jérôme Marie présente « *DELMASIG* » un système d'information géographique modélisant les formations végétales (flore, écologie, production), leurs relations avec la crue et les surfaces inondées, un modèle d'évolution des rizières depuis 40 ans et des parcours pastoraux (*leydi*, pistes, gîtes, troupeaux) ainsi que des données démographiques de 1975 à 1998. L'ensemble de ces informations spatiales et thématiques, replacées dans le cadre territorial des nouvelles communes rurales, permet de proposer un outil de gestion et d'aide à la décision pour le développement du Delta central du Niger, à des échelles allant du local au régional.

**La végétation et les ressources pastorales du Delta intérieur du Niger.**  
Etat des connaissances, perspectives d'applications et de recherches complémentaires

**Pierre HIERNAUX et Lassine DIARRA**

### 1. Originalité biogéographique du Macina

Comme dans les autres grands systèmes alluviaux et lacustres des zones sèches d'Afrique au sud du Sahara (le Sudd soudanais, la cuvette du lac Tchad, celle de l'Okavango au Botswana), la végétation des plaines du Delta intérieur du Niger se caractérise par l'étendue des formations azonales. La biologie de ces dernières est régie par le régime complexe de la crue combinée du Niger et du Bani qui génère une infinité de régimes d'inondation, généralement temporaires, caractérisés par la hauteur maximale de la submersion, sa durée, la date et la vitesse de montée et de baisse des eaux, sa turbidité... Cependant, la végétation exondée, celle des points les plus hauts, les berges des chenaux et le sommet des dunes, les marges sèches de la plaine d'inondation, sont aussi marqués par le climat, qui d'amont en aval, prend en écharpe le gradient bioclimatique du nord soudanien au nord sahélien. Gradient climatique et onde de crue se combinent pour déterminer les conditions écologiques dans lesquelles se développent les formations végétales, cadre biogéographique primordial pour la mise en valeur agricole et pour les systèmes d'élevage.

### 2. Caractérisation et classification des formations végétales

Les pâturages du Delta intérieur du Niger sont, à quelques exceptions près, des formations herbeuses. Ces savanes ou prairies aquatiques sont constituées de graminées (ou cyperacées) pérennes, parmi lesquelles il faut distinguer quatre types biomorphologiques (**Tableau 1**). Les graminées cespiteuses ont deux types de comportement vis-à-vis de l'inondation, parfois réunis chez une même espèce comme *Vetiveria nigriflora*. Dans un premier cas, la touffe peut être recouverte par la montée rapide de la crue et ne se développera qu'à la décrue. Dans un autre cas, elle n'est pas recouverte et se développe alors au cours de la saison des pluies avec un relai plus tardif de la submersion qui n'excède pas 10 à 30 centimètres. Les graminées à tiges flottantes constituent des formations végétales souvent dénommées *bourgou* ou *bourgoutière*, du nom peul des pâturages inondés. Ils sont particulièrement adaptés aux plaines fortement submergées (jusqu'à quatre ou cinq mètres de profondeur !). Ils ne supportent toutefois cette forte submersion que si la montée des eaux est suffisamment progressive pour que la croissance des tiges puisse l'accompagner.

**Tableau 1** : Type biomorphologique de quelques-unes des graminées et cypéracées dominantes du delta du Niger.

Hémicryptophytes		Géophytes	
Cespiteuses dressées	à tiges flottantes	Gazonnantes	rhizomateuses
<i>Vetiveria nigriflora</i>	<i>Echinochloa stagnina</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Oriza longistaminata</i>
<i>Andropogon gayanus</i>	<i>Vossia cuspidata</i>	<i>Sporobolus</i>	<i>Echinochloa pyramidalis</i>
<i>Eragrostis barteri</i>	<i>Brachiaria mutica</i>	<i>spicatus</i>	<i>Eleocharis dulcis</i>
<i>Hyparrhenia rufa</i>		<i>Sporobolus</i>	<i>Scirpus brachyceras</i>
<i>Panicum anabaptistum</i>		<i>helvolus</i>	<i>Cyperus maculatus</i>

<i>Brachiaria mutica</i>
--------------------------

Les graminées gazonnantes, caractérisées par leur colonisation du sol par réenracinement des tiges, forment souvent des pelouses à la limite de battement des crues. Elles ne supportent donc qu'une submersion faible, peu prolongée ou irrégulière. Du fait de leur morphologie et de leur mode de multiplication végétative, elles sont particulièrement résistantes à une intense fréquentation pastorale et abondent aux abords des *toggés* (buttes anthropiques), des berges et aux alentours des villages. Les géophytes rhizomateux peuvent se laisser recouvrir par la crue et ne se développer qu'à la décrue (cas des *Cyperus maculatus* et de *C.denudatus*) mais généralement, ils mettent à profit les réserves accumulées dans les rhizomes pour se développer rapidement et « monter » avec la crue. Ils supportent une submersion assez forte (de 0,5 à 1,5 mètre) avec une rapide montée des eaux. Cette diversité des types biomorphologiques présentée par les graminées et cypéracées pérennes du delta apparaît comme une réponse à la diversité des modes d'inondation qui résultent de la crue du Niger.

**Tableau 2** : Dénominations des vingt-huit associations végétales du Delta intérieur

<b>SIGLES</b>	<b>Dénomination de l'association végétale</b>
AC	Eragrostaie haute à <i>Eragrostis bacteri</i> et <i>Andropogon canaliculatus</i>
AG	Savane à <i>Andropogon gayanus</i> des replats sablonneux
B	<b>Bourgoutière à <i>Echinochloa stagnina</i></b>
BP	<b>Bourgoutière basse à <i>Vossia cuspidata</i></b>
EOR	<b>Eragrostaie basse à <i>Eragrotis barteri</i> et <i>Oryza longistaminata</i></b>
ESP	Eragrostaie à <i>Eragrostis barteri</i> et <i>Setaria anceps</i>
MB*	Mosaïques des berges
O	Orizaie haute à <i>Oryza longistaminata</i> et <i>Setaria anceps</i>
OP	Orizaie basse à <i>Oryza longistaminata</i> et <i>Eleocharis dulcis</i>
P	<b>Panicaie à <i>Panicum anabaptistum</i></b>
PAK	Plaine à <i>Acacia kirkii</i>
PAM	Plaine basse et chenal à <i>Mytragyna inermis</i>
PAN	Acacière des basses plaines à <i>Acacia nilotica</i>
PAR	Plaine à <i>Acacia raddiana</i> et <i>Calotropis</i> - lande à <i>Indigofera</i> des lacs sahéliens
PAS	Acacière des hautes plaines à <i>Acacia seyal</i>
R	<b>Rizière des casiers de l'Office du Niger et des Opérations riz</b>
TA	Savane arbustive des "toggé" à <i>Andropogon gayanus</i> et <i>Ptilostigma reticulatum</i>
TB	Palmeraie à <i>Borassus aethiopum</i>
TC	Végétation anthropique des « togge » à <i>Celtis integrifolia</i> et <i>Borassus aethiopium</i>
TD	Fourré arbustif des "toggé" à <i>Diospyros mespiliformis</i>
THY	Palmeraie à <i>Hyphaene thebaica</i>
TS	Savane arbustive des "toggé" à <i>Acacia sieberiana</i> et <i>Acacia seyal</i>
TT	Savane arborée des "toggé" à <i>Terminalia macroptera</i>
VB	<b>Vétiveraie très basse</b>
VH	Vétiveraie haute
VOR	Vétiveraie basse
VSP	Vétiveraie moyenne, savane à <i>Hyparrhenia ruffa</i>
ZB	Zone de battement des crues maximales

L'analyse d'observations systématiques faites sur 169 sites échantillonnés dans le Macina en 1979 et 1980 (projet CIPEA-ODEM, Hiernaux, 1982) ont abouti à la distinction de 28 associations végétales élémentaires dont dix huit dans les plaines d'inondation et dix autres sur les reliefs non inondables du delta (**Tableau 2**). L'analyse statistique des observations botanique et écologique a permis d'établir une fiche signalétique pour chacune. Elle comporte des indications sur la composition floristique (herbacées et ligneux), des indications écologiques sur la position géomorphologique, la texture des sols et surtout sur le régime de l'inondation. Ces fiches présentent aussi une estimation des ressources fourragères établies dans une situation d'utilisation standard. Ces estimations sont complétées d'un bref commentaire qui

situe le rôle fourrager de la formation et indiquant très succinctement les options d'une gestion rationnelle.

### 3. Production végétale et exploitation fourragère

Dans les plaines du Macina l'inondation est déterminante pour la production végétale, non seulement au regard des productions totales annuelles mais aussi par des niveaux saisonniers de cette production et des disponibilités fourragères correspondantes. C'est, en fait, la combinaison de la courte saison des pluies sahéliennes et de l'inondation qui imprime à la production son rythme saisonnier. Généralement, le développement du tapis herbacé débute avec les premières pluies et se poursuit jusqu'à maturité, avec une submersion plus ou moins forte et prolongée. Mais il peut advenir que la hauteur, la précocité et la vitesse de montée des eaux ne permettent pas, le pâturage est alors noyé, la croissance ne reprenant qu'à la décrue (cas des associations VB et parfois VOR). Il se peut aussi (confins nord-ouest, Farimaké) que l'irrégularité de la submersion et son décalage par rapport aux pluies soient tels que les espèces pérennes ne puissent s'y adapter ; elles sont remplacées par des annuelles sahéliennes qui se développent surtout à la saison des pluies, laissant le champ libre aux développements des ligneux (formations PAS, PAN, PAR).

Dans la plupart des cas, les pâturages atteignent donc leur maturité entre octobre et décembre ; puis, après un court délai, la croissance végétative reprend de façon très variable, en fonction non seulement de l'espèce, mais aussi de la submersion ou de l'humidité résiduelle du sol, elle-même liée aux conditions de submersion préalable. L'ampleur des fluctuations inter-annuelles de production indiquée sur les fiches descriptives des associations végétales sous forme de valeurs minimale, maximale et médiane des productions annuelles totales, ou des repousses, en saison sèche. L'ampleur des écarts montre que les estimations sont utiles pour guider la gestion des parcours mais rendent illusoirs des calculs de production fourragère et des capacités de charge qui ne seraient pas basés sur des conditions précises de pluviosité, d'inondation et d'exploitation. Aussi a-t-il fallu considérer un mode d'exploitation standard pour chaque association, afin de calculer la « capacité de charge » qui sert d'indicateur global des potentialités fourragères cartographiées (SIG DELMASIG, Marie 2000). La pâture « standard » considérée est toujours saisonnière et occupe 6 à 9 mois (de novembre ou février à juin ou juillet) en saison sèche. A leur entrée dans le delta, les troupeaux trouvent donc des pâturages mûrs, qui offrent une biomasse considérable (5 à 20 tonnes de matière sèche par hectare) mais de qualité moyenne à médiocre et d'accès difficile et qui entraînent ainsi un énorme gaspillage. La durée de cette première phase de la pâture, dite « d'entrée », est estimée à un mois ; elle est comptabilisée séparément. La pâture des pailles et repousses lui fait suite. Pour évaluer les disponibilités en pailles, il faut tenir compte du taux de dégradation naturelle. Pour les repousses, les valeurs de production utilisées ont été obtenues par simulation avec une fauche précoce (dates variables selon la formation), suivie d'un régime de fauche bi-hebdomadaire jusqu'en mi-juillet. On obtient le plus souvent des valeurs optimales. En fait, il faut rappeler que le calcul ne prend aucun objectif de production animale en ligne de compte ; il se contente d'établir le niveau maximal de la charge tel que ni la production ni la composition du pâturage ne soient perturbées ultérieurement.

Les écarts de production sont encore accentués sur les disponibilités mensuelles de repousses. Le niveau d'exploitation des parcours, avec différents rythmes de pâture ou de fauche a, lui aussi, un impact majeur sur la production totale (cumul des fauches) comme sur la disponibilité saisonnière (**Tableau 3**)

**Tableau 3 :** Effets du rythme des coupes sur la production cumulée des repousses de pâturages à *Echinochloa stagnina* et *Andropogon gayanus* de fin décembre à début juillet (situation de berge)

Traitements : coupes répétées tous les :	Rendement cumulé des repousses (kg MS/ha)	
	<i>Echinochloa stagnina</i>	<i>Andropogon gayanus</i>
15 jours	6644	1219
30 jours	5094	1531
60 jours	4789	1030

#### 4. Cartographie et inventaire des ressources

La photo-interprétation des couvertures aériennes de 1975 réalisée par M. Haywood, alliée à une prospection de terrain est à la base de la carte des associations végétales suivant la typologie établie par l'analyse de 169 relevés phyto-écologiques systématiques. Les formations végétales (27 associations et 93 mosaïques occupant 14.536 zones) ont été cartographiées indépendamment de l'occupation des sols. Cette carte numérisée, et intégrée au système d'information géographique DELMASIG (Marie, 2000), permet l'expression géoréférencée de toutes les variables utilisées pour la caractérisation des associations végétales et de leur environnement (sols, inondation) et le calcul des statistiques de superficie (**Tableau 4**). Ainsi, les estimations de productions fourragères, et les calculs de charges pastorales potentielles peuvent être cartographiés avec une résolution qui devrait permettre des décisions de gestion locale.

**Tableau 4.** Répartition des grandes familles de formations végétales inondées dans le delta (calculée sur les formations inondées)

Familles de formations végétales	Surfaces occupées en ha	En %
Vétiveraie	639 934	39,31
Orizaie	342 391	21,03
Eragrostaie	190 180	11,68
Bourgoutière	161 302	9,91
<b>Panicaie</b>	77 763	4,78
Zone battement	75 442	4,63
Mosaïque des berges	72 658	4,46
Andropogonaie	37 805	2,32
Chenaux à <i>mitragina</i>	30 516	1,87

#### 5. Perspectives d'application des résultats de la recherche

Les mesures de production et le suivi de l'évolution de la structure de la végétation sur quelques sites pastoraux étayent un ensemble de propositions techniques pour l'amélioration de la production fourragère par aménagement de leur gestion (Hiernaux P. *et al.*, 1983 ; Hiernaux P. *et al.*, 1984). Les modes de gestion proposés s'intègrent au canevas général de la gestion actuelle : exploitation saisonnière associée à la transhumance sahélienne, maintien et organisation d'une mobilité pastorale dans les plaines. Ils fixent également des critères biologiques au calendrier pastoral : date d'entrée et de retrait du bétail, date et fréquence des incendies ou fauches préalables, rythme des rotations pour la pâture des repousses. Les taux de charge ne sont pas fixés car ils dépendent de l'objectif de production que l'éleveur choisit, mais il est essentiel d'organiser la prise de responsabilité des éleveurs vis-à-vis de la gestion de territoires pastoraux, afin d'accorder leurs pratiques aux objectifs retenus, en réglant et contrôlant eux-mêmes la charge si nécessaire. C'est pourquoi les propositions techniques ont été formulées dans le cadre

de la mise en place d'associations d'éleveurs ou d'unités pastorales (CIPEA/ODEM, 1983, S. Cisse, 1985).

Ainsi, le système d'information géographique qui intègre et spatialise les observations de terrain est un outil de communication essentiel entre les autorités politiques et les communautés rurales. La modélisation spatiale de la crue, et l'actualisation des données climatiques et d'occupation des sols, permettraient d'améliorer la précision de l'information donnée par le SIG.

## **6. Perspectives en six points**

**6.1.** La modélisation de la production végétale et fourragère en fonction des pluies, de la crue et des options de gestion agro-pastorales pourrait être très utile pour orienter les aménagements et la gestion des ressources pastorales. La particularité des types de végétation privilégie l'approche empirique par type de pâturage. Le but est de prévoir les productions fourragères attendues d'un pâturage (dans un système d'exploitation donné) pour un régime de pluies et une crue connus. Production de « saison des pluies et crue » et production de « contre saison » doivent faire l'objet de calculs distincts permettant ainsi de passer du modèle statistique actuellement utilisé à un modèle déterministe prédictif (basé sur des équations de production).

**6.2.** Aucune expérience ni enquête détaillée n'a été effectuée sur les jachères des rizières du delta. Les premières observations indiquent une réinstallation rapide des formations préexistantes, particulièrement s'il s'agit d'une *Oryzaie* (2 à 3 ans), rapide pour les bourgoutières (3 à 5 ans), mais il faudrait les vérifier de façon à les intégrer au modèle général de fonctionnement de l'écosystème. Il serait très souhaitable de constituer une base de données de la dynamique des formations végétales qui permettrait de vérifier les modèles proposés. Cette base pourrait utiliser des documents de télédétection historiques mais aussi revenir sur les sites inventoriés et suivis durant les années 80.

**6.3.** L'actualisation de la carte d'occupation des sols du delta intérieur du Niger devrait être réalisée en associant l'utilisation de données satellitales à des observations de terrain en collaboration avec les communautés paysannes. Cette actualisation est indispensable à une exploitation opérationnelle de DELMASIG qui modélise l'occupation des sols pour 1952, 1975 et 1989.

**6.4.** Les travaux toujours très utilisés de K.T. Wagenaar *et coll.* pour les bovins et R.T. Wilson *et coll.* pour les petits ruminants du delta intérieur et ses abords sur la quantification des productions animales et paramètres de reproduction mériteraient d'être mis à jour pour participer à un diagnostic de la productivité des élevages du delta intérieur.

**6.5.** Une modélisation bio-économique qui prendrait en compte la diversité des types d'exploitations rurales de la région et la multiplicité des options de production permettrait d'éclairer les prises de décision relatives aux politiques de développement régional.

**6.6.** Les tests de techniques de gestion alternatives des pâturages du delta intérieur du Niger, visant à accroître l'efficacité de l'utilisation des ressources (en particulier lors de la pâture d'entrée), devraient être poursuivis à l'échelle des communautés agro-pastorales. Elles incluent les techniques de fauche et de fanage, de pâtures des repousses en rotation courte, de culture et de plantations fourragères sur des sites dégradés.

## Références bibliographiques

- Hiernaux P., Cissé M.I., Diarra L., Coulibaly M., 1983, « Recherches d'une solution aux problèmes de l'élevage dans le delta intérieur du Niger au Mali, Volume 1 : Les pâturages de la zone d'études », Bamako CIPEA/ODEM, 132p.
- Hiernaux P, Diarra L., 1986, « Bilan de cinq années de recherches (Sept.1979-Sept.1984) sur la production végétale des parcours des plaines d'inondation du fleuve Niger au Mali central », Bamako : CIPEA, 66 p. + annexes.
- Hiernaux P, Haywood M.1981, « Cartes des pâturages du delta vif de la République du Mali, 1: 50 000 », Bamako, Addis Abeba : CIPEA, 30 feuilles.
- Marie J. et (al.), 1983, « Recherche d'une solution aux problème d'élevage dans le Delta Intérieur du Niger au Mali, vol. 3 : Les Leyde du Delta Intérieur du Niger, Etudes socio-économiques et foncières pastorales », Bamako, Addis Abeba, CIPEA/ODEM, 390p, 27 cartes au 1 : 50 000 ème
- Marie J., 1983, « Recherche d'une solution aux problèmes de l'élevage dans le delta intérieur du Niger au Mali, vol. 5, Rapport de Synthèse », Bamako, Addis Abeba, CIPEA/ODEM, 151p.
- Marie J., 2000, « Hommes, milieux, enjeux spatiaux et fonciers dans le Delta Intérieur du Niger (Mali). Tome 1: un S.I.G. d'aide à la décision pour une gestion régionale et locale. Tome 2: Atlas, Tome 3 Annexes ». Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Département de géographie. Université de Paris X-Nanterre. 291 p., 63 cartes, 130 p.

## Gestion des bourgoutières dans le Delta Central du fleuve Niger

**Amadou KODIO**

Le Delta central du Niger (DCN) est un vaste hydrosystème au cœur du Sahel : il s'étend de Ségou à Tombouctou sur plus de 400 kilomètres de part et d'autre des rives du fleuve. Ses plaines d'inondation offrent à présent de grandes potentialités en termes de ressources pastorales, et ceci malgré deux décennies de sécheresse. Les superficies inondables ont très fortement diminué du fait de la faiblesse des crues annuelles, pour atteindre moins de 10.000 kilomètres carrés pendant la crue de 1988-1989. De grandes perturbations des conditions agroécologiques et de l'environnement, se traduisant par des dégradations importantes de ces vastes prairies naturelles que sont les bourgoutières, se sont donc manifestées.

### 1. Caractéristiques des bourgoutières

Il s'agit de pâturages hydromorphes qui se développent dans les zones d'inondation temporaire du delta intérieur du Niger et des zones lacustres. Les espèces qui les composent sont semi-aquatiques à aquatiques. Elles forment, en fonction de la hauteur de la crue, deux grands groupements végétaux, dans lesquels on peut distinguer cinq principaux faciès :

- le groupement à *Vetiveria nigriflora* se forme aux endroits où les hauteurs des lames d'eau sont inférieures à de 1,5 mètre et la durée de submersion inférieure à 6 mois ; cette formation comprend deux faciès :
  - a) sur sols limoneux, le faciès à *Cynodon dactylon* ; les principales espèces qui le caractérisent sont *Vetiveria nigriflora*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus maculatus*, *Oryza spp.*, *Andropogon gayanus*, *Oryza Barthii*, *Sesbania rostrata*, *Sorghum trochopus*, ...
  - b) sur sols légers, limono-sableux, se forme un faciès à *Eragrostis barteri*, avec comme espèces compagnes dominantes *Echinochloa pyramidalis*, *Acroceras amplexans*, *Paspalum orbiculare*, *Oryza longistaminata*...
- le groupement à *Echinochloa stagnina* ou à bourgou ; cette espèce aux productivités primaires très élevées et plus expressives des prairies aquatiques, a donné son nom à toutes les plaines inondables ; ce groupement se rencontre dans les zones plus profondes où les crues ont une hauteur de lame d'eau supérieure à 1,5 mètre ; il est formé de deux faciès :
  - a) le faciès des sols légers est celui de *Bracharia mutica* ayant comme compagnes *Panicum subalbidum*, *O. longistaminata*, *O. spp.* *Vossia cuspidata* ...
  - b) le faciès à *Vossia cuspidata* se développe sur sols argileux lourds ; les principales espèces compagnes de ce faciès sont *Echinochloa stagnina*, *Nymphaea oleracea*, *Pistia stratioides*, *Jussiaea repens*...

La faiblesse des crues actuelles et les pressions démographiques (agriculture extensive, surpâturages...) ont provoqué des dégradations affectant les dispositions des espèces originelles. Il se forme un peu partout des faciès de dégradation au sein de chacun de ces groupements. Les espèces dominantes de ces faciès dégradés sont *Mimosa pigra*, *O. spp.*, *Sida cordifolia*, *Heliotropium ovalifolium*, *Coldenia procumbens*...

Les productivités primaires de ces prairies restent à présent abondantes, elles varient de 3 à 15 tonnes de matières sèches à l'hectare par an. Dans les bourgoutières régénérées, la biomasse fourragère peut dépasser les 20 tonnes de matières sèches à l'hectare par an en plusieurs coupes.

## 2. Exploitation et gestion des bourgoutières

La pâture et la fauche constituent des formes d'exploitation des bourgoutières à fins de fourrage. Même dans les années d'abondance en ressources pastorales dans le delta central du Niger, ces bourgoutières étaient gérées selon des modes et règlements locaux.

Au XIX<sup>ème</sup> siècle, pendant la Diina, les lois coraniques régissaient l'exploitation des bourgoutières. Le delta était divisé en une trentaine de *leydi*, territoires dont la gestion pastorale était confiée aux *dioros* ; plusieurs bourgoutières pouvaient se trouver sur un même *leydi*. Cette forme de gestion est restée en vigueur jusqu'à l'indépendance. Les trois grands groupes de producteurs (pêcheurs, éleveurs et agriculteurs) cohabitaient et se partageaient les ressources dans l'espace et dans le temps, et parvenaient à s'entendre sur les modalités d'une gestion efficace.

S'agissant des ressources pastorales, chaque troupeau était enregistré, les itinéraires étaient parfaitement définis. L'ordre d'entrée des troupeaux était fixé avec soin, les petits ruminants venant toujours après les grands. A la sortie, à l'inverse, les petits ruminants précédaient toujours les gros ruminants. Les vaches, les animaux de trait et autres animaux de case avaient des espaces pastoraux réservés, les *harimas*. Telles sont les catégories qui étaient utilisées pour la gestion des espaces pastoraux et des parcours.

Aujourd'hui, la détérioration du climat (sécheresse endémique), l'opacité créée par la superposition de lois modernes sur les réglementations traditionnelles, ont bouleversé les modes de gestion coutumiers et la hiérarchie traditionnelle des activités du delta : pastoralisme, pêche, agriculture. Il en est résulté une exploitation anarchique des bourgoutières, avec comme corollaire une multitude de conflits.

Malgré ces perturbations agro-écologiques, les plaines d'inondation servent encore de régulateur des pressions exercées sur les pâturages d'hivernage, en abritant plus d'un million d'UBT pendant sept à huit mois de l'année. C'est pourquoi, face à ces dégradations, il est indispensable d'asseoir des techniques nouvelles de gestion des bourgoutières visant à préserver leur vocation pastorale exceptionnelle, tout en prenant en compte les activités agricoles qui, de leur côté, affectent sérieusement les couverts végétaux. Pour les collectivités comme pour les individus, il s'agit de répondre au problème de la diminution des ressources en bourgou, et de préserver leur pérennité malgré des utilisations multiples. La gestion doit donc être basée non seulement sur des données techniques, mais surtout sur des données socio-économiques.

Sur le plan technique, plusieurs résultats sectoriels sont disponibles çà et là, qui concernent les modes de régénération, d'intensification de la productivité, et les modes d'exploitation rationnelle. Au plan socio-économique, quelques résultats ont été obtenus concernant la gestion des conflits liés à l'utilisation des ressources naturelles, la rentabilité de la culture du bourgou en vente directe sur pied, en bottes séchées, et enfin la production de lait et de viande.

La conduite à observer pour une bonne gestion des bourgoutières collectives ou individuelles repose sur :

- le respect des périodes d'exploitation, qui sont fondamentalement liées aux pluies, aux crues et à la plante elle-même ;
- la récolte des graines : la période favorable est celle de la pleine crue, quand les plants sont bien dressés au dessus de l'eau ; suivant les zones, de l'amont vers l'aval, c'est-à-dire de la région de Mopti vers celle de Gao, cette période va de septembre à novembre ;

- la récolte des tiges et feuilles (biomasse fourragère), qui peuvent être fauchées, séchées et stockées, ou utilisées directement sur pied par les animaux ; la période de fauche est variable, mais il faut éviter la crue descendante, et ne pas couper en dessous de la lame d'eau :
  - en pleine crue, on fauchera quand l'eau ne monte plus, et à au moins 10 cm au dessus du niveau de l'eau, et surtout après la chute ou la récolte des graines, afin de favoriser des repousses naturelles ; ce sont généralement les feuilles (parties sommitales) qui sont fauchées ;
  - à la décrue, c'est la tige entière qui est récoltée ; si l'exploitation se fait par fauchage, il faut, là encore, faucher à 10 centimètres au moins au dessus du niveau de l'eau ; par contre, afin de favoriser le marcottage des souches de bourgou, l'exploitation directe par les animaux doit se faire de préférence en boue ; cette forme d'exploitation est la plus importante pour la préservation des bourgoutières, elle est de loin la plus répandue, et de loin la plus difficile à maîtriser ;
- le respect strict de l'entrée et de la sortie des animaux (calendrier de pâture) : entrée pendant la décrue, sortie dès les premières pluies (mai-juin) pour permettre aux souches de prendre de la vigueur avant l'arrivée des crues, et éviter ainsi la noyade des rejets qui sont au départ d'un nouveau cycle de régénération ;
- l'élaboration et le respect des règlements locaux d'exploitation à travers une bonne organisation sociale ;
- et, concernant les bourgoutières régénérées, la tenue d'un compte d'exploitation est recommandée afin d'évaluer l'opportunité de l'action.

D'autres mesures d'accompagnement sont nécessaires, comme la surveillance, les regarnissages. Ces mesures doivent intégrer la connaissance indispensable des techniques de régénération. Auparavant toutefois, il faut procéder à un inventaire et à des estimations réalistes des productivités primaires des bourgoutières, ainsi qu'aux conditions de leur régénération. Cette étape doit prendre en compte les valeurs socio-économiques, afin de déterminer l'ampleur des dégradations et des changements survenus, notamment dans le nouveau contexte de la décentralisation.

### Références bibliographiques

« Recherche d'une solution aux problèmes de l'élevage dans le Delta Intérieur du Niger (Mali), Volumes I (février 1980) et III (mars 1983) », *CIPEA. BP 5689, Addis-Abeba (Ethiopie) et ODEM (Opération du Développement de l'Elevage dans la Région de Mopti, Sévaré, Mali)*

A. Kodio (1997), « Techniques de régénération des *Echinochloa stagnina* », *Fiche technique*

A. Kodio (1992), « Gestion des bourgoutières », *Fiche technique*

A. Kodio (1994) « *Echinochloa stagnina*, une ressources pastorale vitale du DIN », *rapport de consultation*

## Aperçu sur les systèmes de production du delta intérieur du Niger

**Salmana CISSE**

L'aire géographique du Delta intérieur permet de poser et de systématiser les problèmes et les questions qui agitent l'agriculture, le pastoralisme, l'agropastoralisme et la pêche dans la zone. Dans ce Delta, le réseau d'affluents (Bani) et de défluent (le Jaka) du cours principal du Niger inondent de vastes terres qui, à la faveur de la crue deviennent de riches pâturages de *burgu* (*Echinocloa st.*) envahis par des dizaines de milliers de bovins ; ces terres sont aussi, quelques temps après le retrait des eaux, aptes à – et recherchées pour – la riziculture : des milliers de cultivateurs, sans ordre apparent, transforment chaque année une partie importante de ces pâturages en champs, leurs campements de culture avoisinant le plus souvent ceux des pêcheurs.

Un système de production est une combinaison de plusieurs activités de production précises qui sont exécutées par une unité de production dans un contexte donné ; il est défini par la proportion des différentes activités de production qui le composent. Le système de production articule deux processus :

- le premier consiste dans les combinaisons des facteurs de production et son résultat, une production donnée.
- le second consiste dans l'agencement des modes d'utilisation de la production obtenue (autoconsommation, ventes, dons, échanges, capitalisation). Ce processus est révélateur d'une part, de l'implication plus ou moins poussée des systèmes de production dans l'économie monétaire, d'autre part, de la rationalité économique et sociale à laquelle ils obéissent.

Dans le Delta intérieur du Niger, à côté de systèmes de production semi-modernes, on observe notamment, des systèmes et sous-systèmes traditionnels:

- le système pastoral (dans lequel en principe 50 % au moins du revenu du ménage et 20 % des calories alimentaires proviennent de l'élevage) peut comprendre :
  - un système pastoral pur qui se rencontre de moins en moins, eu égard au mouvement de fixation des nomades, et qui est généralement le fait des groupes tamacheqs, maures et peuls qui sillonnent la région. Ces groupes évoluent dans le delta, mais aussi dans le Méma, dans le Gourma et dans la zone Lacustre ;
  - un système pastoral fortement influencé par des activités agricoles. Il se rencontre principalement dans le Delta intérieur du Niger et concerne essentiellement les groupes peuls. En fait, ce système par sa nature socio-économique est, à la limite, agro-pastoral ;
- le système agro-pastoral (où 50 % au plus du revenu provient de l'élevage). Il est souvent plus agricole que pastoral : dans le Delta, (mais aussi dans le Bodara, la zone lacustre, le Séno-Mango et Bankass, le Gourma, le Plateau), il est principalement le fait des groupes Rimaibe, Bambara, Dogon, Sonrhäï et même Bozo, nouveaux propriétaires de troupeaux dont la gestion technique est confiée à des groupes traditionnellement éleveurs ;
- le système agricole : il est surtout pratiqué par des groupes marginalisés, toutes ethnies confondues. Dans cette zone, seuls les groupes économiquement faibles ne combinent pas

plusieurs activités, et se limitent à l'agriculture *koddowel dabareeji*<sup>5</sup>. Leur participation à d'autres activités peut cependant leur apporter un salaire.

- le système piscicole : il s'associe au système agricole, avec deux tendances :
  - un système agro-piscicole ,avec une dominance de l'agriculture. Ce système est le fait des agriculteurs Rimaybe, Bambara, Marka (Nono), Sonrhaï et se rencontre dans le delta, (mais aussi la zone lacustre et une partie du Bodara),
  - un système agro-piscicole, avec une dominance piscicole. Il est le fait de Bozo, Somono, Sorko et est en œuvre dans le Delta (et la zone lacustre).

La combinaison de causes économiques, politiques, sociales et techniques a suscité un vaste mouvement de transformation des systèmes de production du Delta. Ce mouvement a abouti au renforcement de certains sous-systèmes et à l'affaiblissement relatif d'autres. Cependant, leurs dynamiques contradictoires n'ont pas suscité la mise en place d'un nouvel ordre économique deltaïque : la zone est aujourd'hui caractérisée par la perturbation de l'ordre foncier et du mouvement traditionnel des troupeaux, ordre et mouvement autour desquels s'organise le modèle de référence. Ainsi, l'économie régionale et son pôle deltaïque se trouvent dans une situation de transition. Toute action qui viserait des résultats durables dans la région implique une compréhension des dynamismes, des contraintes, des contradictions des différentes parties prenantes à la mise en valeur de la zone et des différents facteurs de production.

## 1. Les systèmes de production rizicole

Bien que zone rizicole par excellence, le delta central connaît des pratiques de cultures pluviales. Celles-ci sont pratiquées sur du limon sableux, de capacité agricole moyenne pour des raisons climatiques. Ces cultures occupent 59,4% des champs du delta à raison de 37,7% pour le petit mil, 8,3% pour le sorgho, 2,4% pour le voandzou, 0,9% pour l'arachide et 0,1% pour le niébé. Les cultures de décrue se pratiquent sur des limons de capacité agricole élevée à moyenne selon l'état hydrique du sol. Les cultures sur sols hydromorphes exploitent le limon argileux dont la capacité agricole va de moyenne à très faible selon les conditions climatiques et l'état d'engorgement du sol. La culture du riz est pratiquée suivant trois modes : le mode traditionnel à inondation libre, le mode aménagé à submersion contrôlée et les petits périmètres irrigués villageois (PPIV). Les pâturages stricts représentent 21% de la zone et sont essentiellement des pâturages sur sols hydromorphes formés de limon argileux de capacité moyenne à très faible selon les conditions climatiques. Les surfaces halieutiques d'eau permanente représentent 3,5 % de la zone.

### 1.1 La culture de riz en submersion contrôlée (Opération riz Mopti, ORM)

Depuis 1972 plusieurs Opérations de développement rural (ODR) ont été créées dans le delta intérieur du Niger. Il s'agit d'opérations sectorielles qui ont une implantation régionale précise. Elles ont été décidées dans le cadre du plan triennal de redressement économique (1970-1972), puis du second plan quinquennal de développement (1974-1978). Elles ont été financées par des organismes d'aide internationaux, la Banque mondiale pour l'ORM.

Le type d'irrigation est la submersion contrôlée, qui consiste à isoler les plaines du lit majeur des fleuves par une ceinture de digues insubmersibles. L'eau est conduite à l'intérieur de cette ceinture par un canal d'alimentation. Des ouvrages de vidange sont prévus pour une éventuelle inondation excessive.

<sup>5</sup> Expression peule pour dire « en dernier recours »

Dans la zone, le problème de rentabilisation des aménagements demeure. La combinaison de différents facteurs, tels que le sous-équipement des paysans, l'insuffisance climatique, la faiblesse manifeste de la crue du Niger, du Bani et du Diaka et la manifestation de déprédateurs (sauteriaux, rats), affecte fortement la production.

De 1979 à 1987 on a constaté que toute la superficie aménagée n'est pas attribuée, que toutes les superficies attribuées ne sont pas semées, et que toutes les superficies semées ne sont pas récoltées. Il est vrai que la riziculture en submersion contrôlée est sous la dépendance d'une part de la pluviométrie et d'autre part de la crue des fleuves Niger, Bani et Diaka. A ces deux facteurs s'en ajoutent d'autres (technicité et équipement des paysans, etc.) qui font que la riziculture à submersion contrôlée est une riziculture à très grands risques, voire hasardeuse. Dans cette zone du delta à potentiel agricole énorme, il serait souhaitable d'évoluer vers la riziculture du type Office du Niger, où la maîtrise de l'eau est totale. C'est ce qui est tenté dans les petits périmètres villageois irrigués grâce à des motopompes ; leur rentabilité économique est cependant discutable.

## 1.2. La riziculture dans les petits périmètres irrigués villageois (PPIV)

Sécheresse et politique aidant, on assiste, à la création, par-ci par-là, de petits périmètres irrigués villageois. Ils ont tous pour vocation la production de riz et répondent à une certaine politique gouvernementale : au lieu d'augmenter la production agricole, on tente plutôt d'assurer l'alimentation de base de la population au moyen de la plus grande autosuffisance possible au niveau local.

De dimension réduite, ces périmètres peuvent être irrigués pendant toute l'année à l'aide de motopompes. Ils sont tous situés au bord d'un cours d'eau (Niger, Bani, Diaka, etc...). Du point de vue socio-économique, on pourrait distinguer les périmètres qui connaissent des droits de terre individuels, et ceux qui connaissent un droit de terre communal.

Dans l'ensemble, on peut dire que les rendements obtenus dans ces petits périmètres irrigués sont nettement meilleurs que ceux obtenus en riziculture aussi bien flottante hors casier qu'en casiers à submersion contrôlée. Toute la question est de savoir si cette forme de production est rentable. Or, sur l'exemple de Médine, il apparaît clairement que le prix plancher officiel de vente de paddy ne couvre pas ses frais de production.

## 2. La culture de bourgou ou la régénération des bourgoutières

Des actions de régénération de pâturage ont été activement menées, que ce soit au niveau des casiers pastoraux, des secteurs et postes vétérinaires, ou des ONG et des populations. La plus spectaculaire est la culture du bourgou, qui, tout comme la culture du riz ou du mil, est devenue une activité à part entière, donc un système de production qui a mérité une attention particulière dans les années 80. Il convient notamment de signaler 48 hectares régénérés en bourgou dans les casiers pastoraux de l'ODEM, 450 hectares régénérés à Sendegue sous l'égide du Comité local de développement et 557 hectares à Youwarou (action de Vétérinaires sans frontières).

## 3. Les cultures maraîchères

Ce sont des cultures de contre-saison qui nécessitent des apports d'eau (irrigation au sens large). Elles sont pratiquées sur des surfaces relativement restreintes, reçoivent des fumures et qui nécessitent un haut taux de travail. Cette compréhension dépasse la définition stricte de la culture maraîchère qui est la culture des légumes pratiquée dans des marais aménagés.

L'urbanisation rapide, la ruralisation dans les écoles et les disettes consécutives à la sécheresse ont contribué au développement du maraîchage dans le delta. L'horticulture est pratiquée dans tous les chefs-lieux de cercles et d'arrondissements... Ses produits variés et abondants nourrissent un commerce prospère tant au niveau local que régional.

#### **4. Les systèmes d'élevage**

Privilegié par les fondements socio-culturels mis en place par la Dina de Cheikou Ahmadou depuis 1818, et favorisé par les riches pâturages inondables qui, depuis plus d'un siècle, servent de zone de refuge pendant la saison sèche pour de nombreux troupeaux des régions de Mopti, Tombouctou, Gao et même du Burkina Faso et de la Mauritanie, l'élevage est sinon la première du moins l'une des principales activités de la zone d'étude. Ceci peut être confirmé par l'importance numérique du cheptel régional (plus d'un million de bovins, 2,8 millions des petits ruminants représentant plus d'un quart des effectifs nationaux de 1982 à 1987) (DNE-OMMBEVI, 1982 à 1987).

Cet élevage, pratiqué surtout par des peuples pasteurs (Peul, Maure et Tamacheq), et qui reposait essentiellement sur l'exploitation des fourrages naturels, évolue depuis une quinzaine d'années dans un contexte socio-écologique nouveau caractérisé par des épisodes de sévère sécheresse. Toutefois, l'avènement de nouveaux éleveurs (agriculteurs, commerçants et fonctionnaires), la fixation de certains groupes nomades à la périphérie et au cœur même du Delta, l'émergence de nouvelles formes et stratégies d'élevage qui vont du pastoralisme traditionnel pur aux formes semi-modernes, visent beaucoup plus la rentabilité économique que la sécurité à long terme.

#### **5. Les systèmes de production halieutique**

Dans la région d'étude, les principaux systèmes de pêche sont pratiqués d'une part par les pêcheurs primaires répartis en pêcheurs primaires migrants et en pêcheurs primaires sédentaires (composés de Bozo, Sorko et Somono), et d'autre part par les pêcheurs secondaires actifs (Rimaïbé et Sonrhäï) et occasionnels (Bamanan, Marka, Peul et Bellah).

Les pêcheurs primaires migrants ou nomades représentent environ 19% des ménages impliqués dans la pêche (5 904 ménages sur un total de 22 136). Ils utilisent des salariés hommes et femmes. Les hommes participent à toutes les opérations de pêche (conduite de pirogues, halage de sennes, des filets dormants et dérivants, contrôle et retrait des palangres... etc.). Les femmes aident au ramassage des prises déchargées sur la berge, à l'écaillage, au séchage et au fumage du poisson. Elles sont chargées de la corvée de bois et d'eau, du tressage des nattes pour l'emballage et la conservation. Comme les hommes, elles sont logées et nourries par leurs employeurs ; elles perçoivent un salaire égal. Les effectifs recrutés pendant les grandes campagnes avoisinent 10 à 20 personnes par ménage pour les journaliers (500 à 750 francs CFA par jour) et 10 personnes par ménage pour les salariés permanents à rémunération globale en fin de campagne.

Les pêcheurs primaires sédentaires sont les plus nombreux à cause de la diminution des ressources halieutiques et représentent 81% des ménages impliqués dans la pêche dans la zone ESPR. De plus en plus ils pratiquent l'agriculture et l'élevage. 6 % des ménages Bozo pratiquent

l'agriculture comme activité secondaire. Le système de pêche des ménages sédentaires Bozo est le semi-nomadisme et la pêche de terroir. Il s'effectue au moyen de barrage (spécialité du groupe) à l'entrée des chenaux et dans les plaines d'inondation. 50% des ménages s'y adonnent à la crue et à la décrue. Saisonnier, le calendrier de cette pêche implique le déplacement des pêcheurs (40% des ménages envoient leurs membres en migrations) dans les plaines, sur les chenaux et dans les mares. A l'étiage, la pêche s'installe avec une migration moyenne dans les limites du terroir, lignager, villageois ou de l'arrondissement. Sa durée n'excède pas sept mois.

Les pêcheurs secondaires sédentaires actifs sont des Rimaïbé, peu nombreux, qui exercent un droit sur les eaux de leur terroir (mares, chenaux,...etc.), mais qui pratiquent principalement l'agriculture du mil, du sorgho et du riz.

Les pêcheurs secondaires sédentaires occasionnels constituent 10% de l'ensemble des ménages soit 2 814 ménages. La pêche sédentaire occasionnelle est pratiquée par les Bamanan, les Marka, les Peuls et les Bellah. Ces pêcheurs occasionnels vivent strictement dans les villages, souvent isolés des cours d'eau permanents. En vertu de leur intense activité agricole, ils ne pratiquent la pêche qu'en troisième position après l'agriculture, l'élevage ou le commerce. Ils effectuent des pêches occasionnelles saisonnières dans les chenaux et les mares et, dans les milieux permanents, ils assistent aux pêches collectives. L'existence sur leurs terroirs de chenaux et de mares leur confère un droit d'usufruit qu'ils délèguent, moyennant une redevance, aux pêcheurs primaires (installation des barrages, exploitation intensive des eaux...).

## **Conclusion**

Dans le Delta, l'activité agricole (au sens large du terme) est très souvent de type familial et traditionnel. Elle est profondément dépendante de la pluviosité et des crues des fleuves (Niger, Diaka, Bani et leurs affluents), et a été depuis 1973 soumise à rude épreuve. En outre la poussée démographique (tant humaine qu'animale), la réduction des surfaces inondées (plus de 50% des terres inondables ne sont plus inondées), et les destructurations sociales ont entraîné une concurrence foncière qui débouche tristement sur des conflits de plus en plus sanglants entre paysans, entre paysans et éleveurs, entre éleveurs...

## **Référence bibliographique**

S. CISSE et O. BA (ed.) "Les systèmes de production rurale en 5ème Région et le Cercle de Niafunké. Rapport d'étape", vol. 1 & 2, *Projet d'étude des systèmes de production rurale (Banque Mondiale, ODEM et ORM), ESPR, 1990.*

## Usages et foncier dans le delta intérieur du Niger (Mali)

Olivier BARRIERE

L'objectif des travaux menés a été d'apporter des éléments de réponse à la problématique de la gestion des ressources naturelles du delta intérieur. Chaque utilisateur du milieu a sa propre représentation des éléments naturels qui l'entourent. Sur le même espace plusieurs usagers différents se côtoient pour vivre et exploiter leur environnement commun. Le rapport que chacun entretient avec l'espace et les ressources diffère notamment selon son activité, son statut social et son échelle d'intervention. C'est la raison pour laquelle les acteurs eux-mêmes s'interrogent sur les règles à suivre entre les pratiques traditionnelles ou coutumières et le droit imposé par l'Etat. L'enjeu qui a retenu notre attention se situe au niveau de la régulation juridique qui est l'objet de grandes préoccupations des décideurs locaux, régionaux et nationaux. La justice elle-même, qui doit être une source de droit, est aussi directement concernée quand le magistrat se pose la question du droit à appliquer pour remplir sa mission de dire le droit dans le sens de l'équité.

La construction d'une réflexion autour de l'établissement de règles du jeu foncier et environnemental a nécessité de faire ressortir un certain nombre de concepts afin de développer une méthode de lecture qui s'efforce de voir les choses davantage de l'intérieur. Ceci nous a conduit à certains constats et résultats :

1. Dans le souci d'une construction juridique durable, il apparaît nécessaire d'adopter une approche patrimoniale plutôt que de s'appuyer sur une logique d'appropriation. Comment ? En considérant le fonds inaliénable (patrimoine de la Nation) comme support d'un marché à créer de droits régulés.
2. Pour aboutir à une véritable participation des populations à la gestion de leur milieu, il faut mettre en place un système de reconnaissance des droits des acteurs locaux sur leur environnement. Comment ? Par une répartition de droits sur l'espace et les ressources telle que la population est pleinement reconnue comme responsable de la gestion de son milieu ; cette solution s'éloigne considérablement d'une affectation contractuelle par l'Etat et repositionne son rôle exact et celui de toutes les institutions.
3. La gestion des ressources du delta nécessite de dépasser une approche sectorielle pour intégrer l'ensemble des activités, y compris celles qui ont trait à la préservation de la biodiversité. Comment ? Par l'adoption d'un schéma de gestion intégrant toutes les institutions (du niveau local aux niveaux national et international) rassemblées autour de conventions d'environnement (convention régionale et chartes locales), ouvertes sur des « espaces de négociation », forums de rencontre comme la Conférence régionale sur les bourgoutières par exemple.

### Plan de l'intervention

Introduction : La question du droit et des institutions dans la gestion environnementale  
 Une approche juridique prenant en compte les réalités de terrain (dynamique hydrologique, écologique, socio-économique et technologique)  
 Quel droit est applicable et comment, sous quelle formulations ?

### 1. Réalité deltaïque :

Diversité des usages et des acteurs : une multifonctionnalité de l'espace en question

- des espaces objet d'une pluralité d'usages et d'utilisateurs
- des conflits fonciers environnementaux (présentation du répertoire de 250 conflits dans une base de données de type Access)
- la notion d'espace ressource : définition (acteurs/institutions, droits et espaces)

### 2. Problématique :

Modes de régulation de l'accès aux ressources naturelles : quel droit pour assurer une responsabilisation des acteurs ?

- Le droit législatif : une législation sur le foncier, l'exploitation des ressources et la décentralisation des pouvoirs de décision
- Le droit pratiqué : une pratique juridique locale / convention locale de pêche, matrice foncière du delta
- Le système de droit attendu : une clarification des règles autour de l'accès aux ressources par une reconnaissance des droits de chacun sur le milieu en fonction de son activité et de son échelle d'intervention

### 3. Option :

Partir des enjeux fonciers environnementaux pour une gestion patrimoniale

- les perspectives d'une gestion patrimoniale dans le cadre d'une gestion environnementale intégrée (toutes les activités, tous les acteurs) : construction juridique, propositions
- le règlement des conflits : du droit à appliquer au développement d'une jurisprudence (l'importance du droit prétorien)
- la nécessité de concilier légitimité et légalité : des rencontres locales (espaces de négociation) et des conventions locales d'environnement

Conclusion : il convient de mettre en place un ordre davantage négocié et imposé pour appliquer un système de gestion participative d'un environnement commun

### Références bibliographiques :

Olivier et Catherine BARRIERE 1995 : « *Le Foncier-Environnement, pour une gestion viable des ressources naturelles renouvelables au Sahel*; Volume 1: *Approche interdisciplinaire dans le delta intérieur du Niger (Mali)*, 517 pages; Volume 2: *Répertoire des conflits fonciers du delta intérieur du Niger (Mali)*, 400 pages; Volume 3: *Index ethnobotanique des espèces du delta intérieur du Niger (Mali)*, 73 pages », Rapport de programme ORSTOM-CNRS.

Olivier BARRIERE 1996 « *Gestion des ressources naturelles renouvelables et conservation des écosystèmes au Sahel : le Foncier-Environnement* », Thèse soutenue le 5 novembre 1996 à l'Université PARIS I Panthéon-Sorbonne, sous la direction du Professeur Etienne LE ROY, Laboratoire d'Anthropologie Juridique de Paris, 2 volumes (686 p. & 230 p.).

Olivier et Catherine BARRIERE 1996 : « Systèmes fonciers dans le delta intérieur du Niger. De l'implosion du droit traditionnel à la recherche d'un droit propice à la sécurisation foncière » in *La sécurisation foncière en Afrique noire*, Editeur scientifique: E. LE ROY & al, Ed. Karthala, Paris, pp.127-175.

Olivier et Catherine BARRIERE 1997 : « *Le foncier-environnement, fondements juridico-institutionnels pour une gestion viable des ressources naturelles renouvelables au Sahel* », éd. FAO, col. "Etudes Législatives" n°60, Rome, 123 pages.

Olivier et Catherine BARRIERE 2002 (sous presse) : « *Un droit à inventer. Foncier et environnement dans le delta intérieur du Niger (Mali)* », éditions de l'IRD, col. A travers Champs.

## DELMASIG : Un SIG d'aide à la décision pour une gestion régionale et locale

Jérôme MARIE

Le delta intérieur du Niger, l'une des plus grandes zones inondées de la planète, connaît depuis une vingtaine d'années, une crise écologique et humaine qui se manifeste notamment par de nombreux conflits qui opposent riziculteurs, pasteurs et pêcheurs pour l'utilisation du sol et des ressources naturelles.

DELMASIG est un Système d'Information Géographique (SIG) dédié à l'aide à la décision pour une gestion régionale et locale des hommes, des milieux, des enjeux spatiaux et fonciers dans cette région du Mali. L'espace traité couvre les plaines de la cuvette du Niger depuis Ké Macina jusqu'au lac Débo, y compris une fraction du Farimaké au nord-ouest, soit une superficie un peu supérieure à 22 000 kilomètres carrés.

Ensemble de bases de données spatiales topologiques (couvertures) et de bases de données thématiques développées sous *Arc Info* et sous différents systèmes de gestion de bases de données relationnelles (*SGBDR*), DELMASIG propose une modélisation du delta intérieur du Niger qui porte principalement sur :

- les associations végétales (flore, conditions écologiques, productions) et leur relation avec la crue dont dérive un modèle des surfaces inondées selon les hauteurs de crue.
- les surfaces cultivées en riz en 1952, 1975 et 1989.
- les nouveaux cadres territoriaux, les communes rurales mises en place en 1999, ainsi que l'évolution des hommes entre 1976 et 1998.
- l'infrastructure pastorale, *leyde* (territoires pastoraux peul), pâturages (bourgoutières), pistes pastorales et gîtes de bétail.

La comparaison de ces données avec l'emprise agricole, ainsi que leur mise en perspective dans le nouveau découpage territorial en communes rurales, permettent d'esquisser un bilan de l'état de ces infrastructures et de proposer des pistes de réflexion pour des aménagements futurs.

Les données de terrain sont, pour l'essentiel extraites d'une étude lourde, jamais publiée, menée par le CIPEA et l'ODEM au début des années 80, à laquelle l'auteur a participé. Certaines de ces données ont été mises à jour et complétées.

### I. Une modélisation du milieu naturel et des surfaces inondées

La végétation, malgré de nombreuses études sur la région, restait très mal connue. DELMASIG, réalisé avec l'aide de Pierre Hiernaux, écologiste à l'ILRI (*International Livestock Research Institute*, ex CIPEA), s'appuie sur un inventaire rigoureux et une cartographie très détaillée de la végétation (169 sites d'observation et une couverture aérienne infrarouge au 1:50 000). Pour chaque association végétale, la flore (189 espèces), l'écologie (78 paramètres), la production végétale et fourragère annuelle et saisonnière, ont été relevées pendant trois années.

L'analyse statistique a permis d'établir les profils floristiques et écologiques des formations végétales, dont la distribution spatiale est dominée par les différents paramètres de l'inondation (gradient de hauteurs d'eau, régularité, durée de la submersion...). Ces paramètres, rapportés aux échelles limnimétriques, établissent une relation entre les profondeurs de submersion des

différentes formations végétales, et la hauteur de crue la plus fréquemment atteinte lors des trente années précédant l'étude. On peut ainsi définir une « crue-climax », par analogie à la relation qui existe entre une formation végétale et un climat. Elle correspond à la cote de 6,60 mètres à l'échelle de Mopti et définit notre cote 0,0 mètre qui sert de référence aux profondeurs de submersion.

Le delta intérieur regroupe 120 formations végétales comprenant 27 associations élémentaires et 93 mosaïques qui combinent deux ou plusieurs associations réparties sur 7 niveaux (allant de l'exondé à une profondeur de submersion de -4 mètres). Elles occupent 14 536 zones pour une surface totale de 22 262 kilomètres carrés. Les vétiveraies occupent 40 % du Delta, les orizaies 21 % et les bourgoutières, les pâturages les plus productifs, 7 % seulement. DELMASIG permet également d'analyser la répartition spatiale de chacune des 189 espèces végétales composant la flore du delta intérieur et de modéliser les différents paramètres écologiques liés aux formations végétales, comme par exemple les sols ou les surfaces inondées pour différentes hauteurs d'eau.

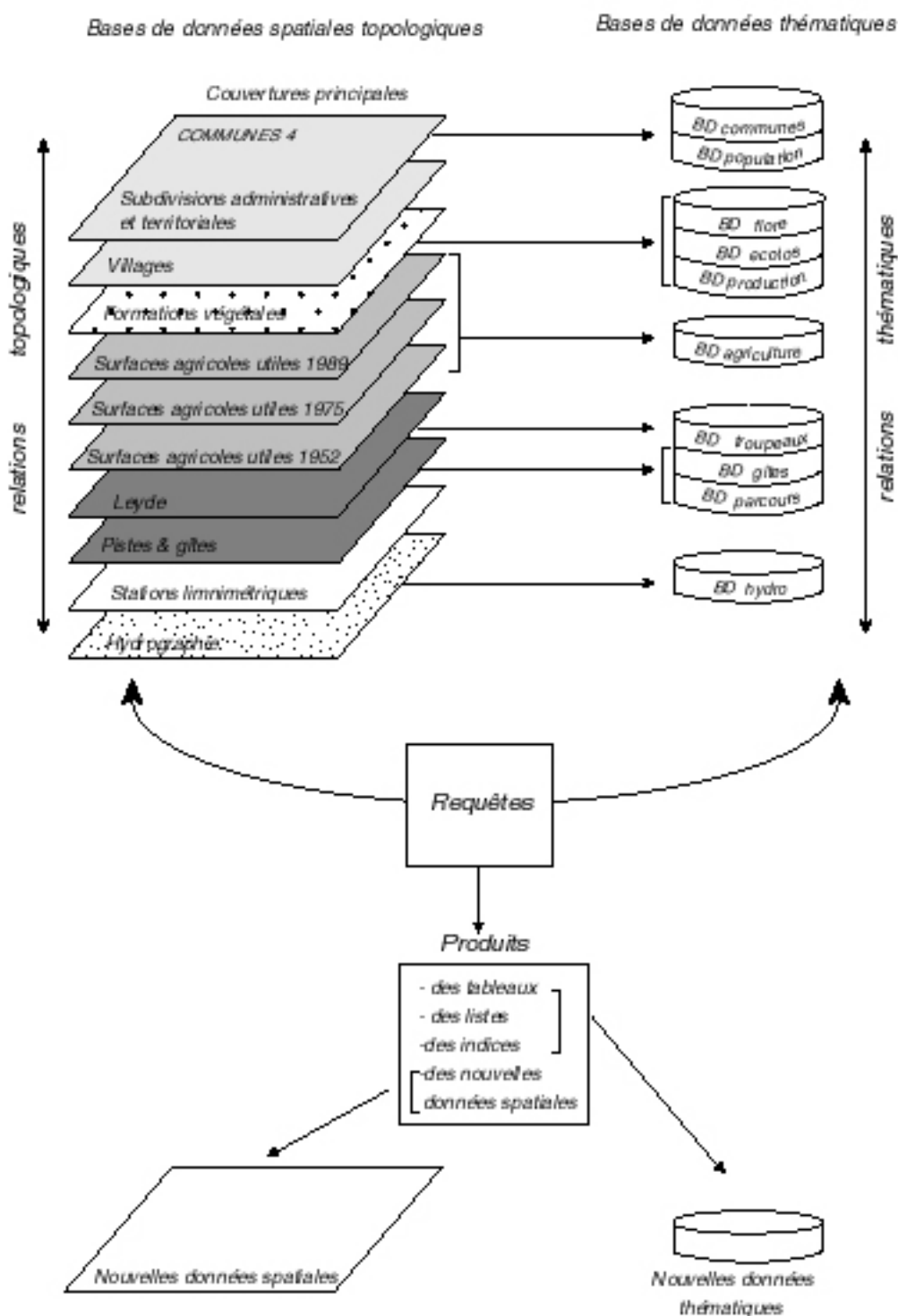
A la cote de 6,60 mètres les surfaces inondées totalisent 17 000 kilomètres carrés et la perte de surface inondée par tranche de 10 centimètres est de l'ordre de 8 % entre les cotes 6,60 mètres et 6,00 mètres (9 700 kilomètres carrés). Entre 6,00 mètres et 5,10 mètres la régression n'est que de l'ordre de 3 %. Le delta intérieur semble donc très sensible, pour des crues moyennes à fortes, à de faibles variations des hauteurs d'eau. L'impact d'aménagements en amont ou de prélèvements importants (Office du Niger) devra en tenir compte. Un modèle continu, en mode maillé, a également été calculé. On en déduit des isolignes d'égale profondeur de submersion (de 10 en 10 centimètres) qui permettent notamment d'identifier et de délimiter très finement les treize principales cuvettes hydrologiques du Delta.

## **2. Evolution des surfaces rizicoles et stratégies des riziculteurs**

Le suivi des surfaces cultivées en riz depuis 1952 permet, par opérateur spatial, d'analyser les formations végétales défrichées par les riziculteurs à différentes dates. 95 % des rizières sont défrichées sur 27 formations végétales (et 80% sur 14 formations seulement) avec une préférence pour les orizaies sauvages et, depuis 1975, pour les bourgoutières. Trois faits marquent l'évolution de la riziculture entre 1952 et 1989. Les surfaces en riz doublent comme la population alors que les rendements stagnent (autour de 900 kilos par hectare). Dans le même temps, en accord avec la dégradation marquée des crues du Niger, les rizières "s'enfoncent" par rapport au 0,0 de référence, passant, en moyenne de -1,24 mètre en 1952 à -1,86 mètre en 1989 tandis que l'espace des riziculteurs se réduit fortement. Enfin, la mobilité des rizières apparaît très forte avec l'abandon de certaines régions et le défrichement marqué des cuvettes profondes, en particulier des bourgoutières dont 25 % sont défrichées en 1989.

Le modèle maillé des surfaces inondées permet de calculer, année par année, l'emprise spatiale de la lame « d'eau utile » pour la riziculture pluvio-fluviale. Si 1994 est une bonne année avec une surface utile de 1 300 000 hectares pour environ 150 000 hectares effectivement cultivés, 1972 est une très mauvaise année avec une surface utile dépassant de peu 300 000 hectares. Cette observation est en corrélation avec la précédente sur l'importance toujours actuelle du « nomadisme agricole » dans le delta intérieur, sur l'insécurité qui en découle tant pour les riziculteurs que pour les autres usagers du milieu, notamment les pasteurs dont les infrastructures sont menacées.

## Schéma d'organisation de DELMASIG



### 3 . De nouveaux cadres territoriaux

L'analyse des formations végétales et des surfaces inondées, celle de l'évolution des rizières, de la production des pâturages, de la répartition des hommes (915 villes et villages), de l'organisation pastorale du delta intérieur comprenant les *leydi* – territoires pastoraux peul – d'un réseau de pistes pastorales d'une étonnante complexité (3 600 kilomètres de pistes et plus de 1 000 *bille* ou gîtes de bétail), constituent autant de couches d'information qui ont été systématiquement

replacées dans le cadre des nouvelles communes rurales, créées par la loi de décentralisation de 1996 et dotées d'un exécutif élu au suffrage universel mis en place en 1999.

DELMASIG esquisse ainsi ce que pourrait être « l'héritage » des communes rurales en présentant le bilan régional et local d'un delta intérieur du Niger très contrasté : des pâturages dont la productivité exceptionnelle, dépendant des crues, est fortement entamée par une riziculture nomade, à faible productivité et prédatrice d'espace ; une infra-structure pastorale, qui, localement très menacée, révèle des espaces très chargés d'enjeux spatiaux et de conflits, mais qui semble intacte en d'autres lieux. L'émergence d'une citoyenneté locale, qui a en charge le développement économique et exerce des responsabilités en matière de gestion des ressources naturelles, peut ainsi laisser espérer la possibilité de voir les conflits d'usage se régler dans ces nouveaux cadres territoriaux et dans une coopération intercommunale à l'échelle de la région.

Tant par la richesse de ses thèmes que par la précision de ses données, DELMASIG peut ainsi servir de base à la création d'un système d'aide à la décision pour la gestion des hommes, des espaces et des conflits fonciers dans le delta intérieur du Niger, à des échelles qui vont du local au régional.

### **Références bibliographiques**

MARIE J., 2000 : *DELMASIG : Hommes, milieux, enjeux spatiaux et fonciers dans le Delta Intérieur du Niger (Mali)*. Tome 1 : Un SIG d'aide à la décision pour une gestion régionale et locale. 291 p. Tome 2 : Atlas : 63 cartes. Tome 3 : annexes 129 p. HDR. Université de PARIS X-Nanterre.

CIPEA/ODEM, 1983 : Recherche d'une solution aux problèmes de l'élevage dans le Delta intérieur du Niger au Mali". 5 Volumes (950 pages) et 54 cartes au 1/50 000 ème, multigraphié.

GALLAIS J., 1967 : Le Delta intérieur du Niger, étude de géographie régionale. Dakar, Mémoire de l'IFAN n° 79, 621 p.

GALLAIS J., 1967 : Le Delta intérieur du Niger et ses bordures : étude morphologiques. Mémoires et documents du CNRS 54 p. & 5 cartes

## **RAPPORTS DES GROUPES DE TRAVAIL**

NB : Les groupes de travail n'ont disposé que d'une demi-journée pour faire le point sur les exposés et les discussions qui avaient eu lieu pendant les séances précédentes du séminaire. Ils ont donc permis aux participants de s'exprimer sur ce qui leur paraissait le plus important. Pour autant, les rapports qu'on trouvera dans les pages suivantes n'ont pas été préparés par les directions nationales, institutions ou sociétés ayant participé à l'atelier, et ne reflètent donc pas les priorités qu'elles exprimeront, au terme d'un travail d'élaboration interne, lors de l'atelier initial de l'expertise collégiale.

## **RECOMMANDATIONS DU GROUPE DE TRAVAIL HYDROLOGIE & HYDRAULIQUE**

Présidence du groupe : Almoustapha FOFANA (DNH)  
 Rapporteurs : Hamadoun O. TOURE (DNE)  
 Jean Claude OLIVRY (IRD)

Le groupe de travail hydrologie et hydraulique a d'abord souligné l'ancienneté des collaborations entre l'IRD et la direction nationale de l'Hydraulique et, en particulier, le transfert d'outils notamment HYDROM, logiciel utilisé par la DNH pour le traitement des données hydrologiques, et la réalisation en commun de rapports.

La DNH a publiquement regretté que, dans la période actuelle, aucun hydrologue de l'IRD ne soit présent au Mali. Les responsables de l'Hydraulique ont mentionné les difficultés qu'ils rencontrent : besoins en matériel de terrain pour les mesures des débits, nécessaire renforcement des réseaux et des moyens de transmission (BLU), difficulté d'assurer la continuité du service c'est-à-dire de transférer le savoir-faire aux nouveaux agents recrutés (départs en retraite et absence de recrutement), difficultés qui empêchent d'assurer les missions attendues dans de bonnes conditions.

Parmi les objectifs qui correspondent à une demande nouvelle, on a cité notamment :

- le besoin de connaissance sur les transports de sables (charriage) et le suivi des berges (érosion) ;
- le suivi hydrologique des petits cours d'eau sur les bassins supérieurs du Niger et du Bani qui intéresse d'importantes communautés rurales.

Cinq orientations prioritaires ont été retenues par le groupe :

- 1- Suivi hydrométrique du fleuve et de ses différents affluents (y compris les petits cours d'eau) en revenant à un réseau optimal, ce qui implique un minimum de restauration du réseau des années 1960-1980. Ces activités doivent permettre des travaux de prévision (annonce des crues), la conservation de bases de données et une disponibilité facilitée pour les utilisateurs afin d'éviter la perte d'information. Il est rappelé que ce type de réseau est par définition pérenne (observatoire) et ne peut se limiter à la durée d'un projet. Un soutien extérieur à la formation, notamment par l'IRD, est jugé nécessaire.
- 2- Fonctionnement hydrologique du Niger et modélisation conceptuelle du bilan de l'eau en fonction des variations climatiques et saisonnières, de la traversée du Delta intérieur comme l'extension de l'inondation, les pertes... (voir utilisation de l'imagerie satellitale, thèse en cours de Mr A. Mariko).
- 3- Optimisation des outils de gestion (modèles hydrauliques et hydrologiques) en prévoyant la compatibilité des outils informatiques et la recherche d'une synergie d'expertise (les modèles de gestion des retenues ne ressortent pas de cet objectif).<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> La DNH a en particulier demandé à l'IRD de bien vouloir s'impliquer auprès du FAC (Fonds d'Aide et de Coopération) pour rechercher un financement permettant :

- a) d'effectuer la mise à jour du modèle élaboré par la Société d'Ingénieurs Conseils SOGREAH ( France ) ;
- b) de délivrer suffisamment de licences de façon à le mettre à la disposition de tous les Etats membres de l'ABN ;
- c) de prendre en charge la formation des responsables impliqués au niveau des Etats ainsi que les outils et accessoires y afférents.

4- Développement des études de suivi des relations fleuve/nappes souterraines par installation de points de mesure (piézomètres) observés avec une fréquence mensuelle : suivi dans les vallées amont du delta (Bani inférieur et Niger en aval de Markala, delta intérieur et vallée du Niger moyen de Tombouctou à Ansongo à la frontière avec la République du Niger.

5- Contrôle de la qualité de l'eau et en particulier suivi des métaux lourds et des intrants agricoles en basses eaux et au début de la saison des pluies en suivant les termes de références du projet GHENIS–NL–ML- avec extension à tout le bassin. Suivi du transport des matières en suspension, mais aussi du charriage des sables.<sup>7</sup>

Au cours des débats le Professeur BRUNET-JAILLY a précisé que l'unité de service OBHY de l'IRD, organise encore des stages de formation aux techniques nouvelles en hydrologie. Il lui a été demandé, en matière de références hydrologiques, de doter les nouveaux hydrologues maliens de la monographie hydrologique du fleuve Niger.

### **RECOMMANDATIONS DU GROUPE DE TRAVAIL HYDROBIOLOGIE & SYSTEMES HALIEUTIQUES**

Présidence du groupe :       Monsieur Modibo COULIBALI (DNCN)  
Rapporteurs :                Ousmane DIALLO (IER, Mopti)  
                                      Jacques QUENSIERE (IRD-Dakar)

Outre des échanges d'information complémentaires sur le détail des résultats présentés, le groupe de travail prend acte d'un certain consensus de l'assemblée à propos des questions halieutiques.

Ce consensus se réalise sur un constat en trois points :

- *Une connaissance de base suffisante à la compréhension des mécanismes naturels*  
Il convient tout d'abord de considérer que les nombreux travaux réalisés depuis soixante ans en hydrobiologie, en ichtyologie et en écologie ont mis à notre disposition les connaissances de bases sur le delta central du Niger, sans lacune majeure. Certes, des travaux complémentaires permettront de mieux connaître les déterminants de certains mécanismes naturels ou de certaines caractéristiques bio-écologiques des peuplements de poissons. Il n'en demeure pas moins que les principaux traits du fonctionnement de l'écosystème deltaïque sont désormais connus.
- *Une ressource halieutique constituée par l'écosystème deltaï que*  
Les connaissances acquises permettent d'affirmer que la ressource halieutique est constituée par l'écosystème deltaïque dans son ensemble. En effet, on sait que l'abondance des poissons dans le delta résulte des caractéristiques écologiques particulières de cette région qui constitue une vaste plaine d'inondation. Sur le plan halieutique, une relation éprouvée et validée aussi bien au Mali que dans de nombreux autres systèmes fluviaux, souligne cette dépendance des mécanismes d'enrichissement par l'inondation : l'importance des tonnages produits par la pêche est proportionnelle à l'importance des crues.

---

<sup>7</sup> La DNH a en particulier cité le suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux (de surface et souterraines) pour l'identification de métaux lourds (dans l'eau et dans les dépôts sédimentaires) d'intrants agricoles en basses eaux et en début de la saison des pluies (suivant termes de références du projet GHENIS-NL-ML avec extension à tout le bassin) ; le suivi du transport des matières en suspension mais aussi du charriage des sables ; le suivi des dépôts sédimentaires dans les entités hydrauliques (cours d'eau, lacs, mares etc.)

- *La nécessité d'une prise en compte globale du système écologique deltaï que*  
Ainsi le delta central doit être considéré dans son ensemble comme une ressource partagée entre différents secteurs d'activité. Ce sont bien les mécanismes naturels générés par la crue qui lui assurent sa richesse saisonnière en poisson, mais aussi en sols fertiles, et en riches herbages. Et donc, puisque toute l'économie de la région dépend de la crue, on est naturellement conduit à en privilégier une approche globale.

De ce triple constat il résulte que, dans le domaine de la pêche, la pérennité de la « ressource du delta » dépend de conditions tout à la fois externes et internes à la zone deltaïque.

- ***Conditions externes au Delta***

Tout aménagement hydraulique ou hydro-agricole visant à réduire les apports de la crue aura obligatoirement un effet négatif, immédiat et durable sur la production halieutique. On sait les conséquences écologiques, sociales, économiques, alimentaires et politiques que ne manqueraient pas de provoquer de tels aménagements. Une grande prudence est donc de mise, et une comparaison fine des bénéfices et des coûts attendues de ces aménagements sur les différents secteurs devrait être à la base de toute décision. Ces bénéfices et ces coûts sont à évaluer aussi bien dans les domaines sociaux et culturels que dans les domaines économiques et politiques et, bien évidemment, dans le domaine de l'écologie fluviale et des richesses naturelles apportées à différentes échelles.

- ***Conditions internes au Delta***

Du fait que l'écosystème deltaïque constitue une ressource partagée, le dévoiement de tout ou partie de ses mécanismes productifs serait directement préjudiciable à la production naturelle de poisson et donc à la pêche. La réflexion doit donc porter sur les moyens d'aboutir à des consensus viables sur les usages de la plaine d'inondation. Dans la perspective d'un développement durable du Mali, cette réflexion devra sélectionner les meilleures méthodes à mettre en œuvre pour la préservation des mécanismes d'enrichissement naturels liés à la crue. A ce titre, une recherche en écologie appliquée constitue un complément indispensable à la recherche de consensus et de méthodes propres à assurer un développement socialement équitable, économiquement viable et écologiquement durable.

Cet ensemble de contraintes renvoie bien évidemment à un ensemble de dispositions qu'il conviendrait, au nom du principe de précaution, de mettre en place dans les meilleurs délais. Sans prétendre à l'exhaustivité, le groupe de travail souligne quelque-uns de ces points :

- ***Articuler les niveaux de décisions***

La gestion de l'eau et des territoires deltaïques relève à la fois d'accords internationaux, de décisions nationales concernant la politique de l'eau et les actions de développement rural, de décisions des nouvelles structures décentralisées de l'Etat, et enfin d'initiatives de communes rurales. Beaucoup des instances nationales régionales et locales concernées ne sont pas directement en charge de la préservation du secteur halieutique. La préservation des pêcheries et des richesses qu'elles apportent au pays justifie une attention particulière à la bonne articulation de ces différents niveaux de décision.

- ***Prendre en compte la décentralisation***

Ce point rejoint le précédent et ne nécessite qu'un seul commentaire : les pêches doivent être prises en compte dans les instances de décisions centralisées et décentralisées en charge de la gestion de l'eau et des territoires.

- ***Reconnaître le secteur***

Bien que la pêche soit d'une grande importance, tant dans l'imaginaire malien que dans l'économie du pays, force est de reconnaître qu'elle ne bénéficie pas de la même attention des

pouvoirs publics que les autres secteurs. Le niveau d'aides et de financements dont elle a bénéficié est très faible comparé aux autres secteurs productifs ruraux. Mais surtout, elle est très mal représentée au sein de l'organigramme administratif, et l'effort de recherche qui lui est consenti par l'Etat est toujours insuffisant. Or, comme pour tout secteur productif, le développement des pêches passe nécessairement par la formation d'une expertise nationale qui réunisse les compétences nécessaires au suivi de son évolution, à la préservation de ses intérêts et au développement des solutions techniques et bio-écologiques nécessaires à son essor. Ces remarques conduisent donc à s'interroger sur la formation et le recrutement non seulement de chercheurs de haut niveau mais également de techniciens de différentes spécialités, puisque l'on sait que la gestion des pêches est une tâche nécessairement pluridisciplinaire.

- ***Faire évoluer la réglementation***

Les aspects réglementaires évoqués ici ne concernent ni la réglementation interne du secteur, problème qui devrait être résolu pour l'essentiel par la décentralisation, ni la dévolution des droits de gestion puisqu'il est prévu d'en charger les conseils de pêche des communes rurales et des régions. En revanche, une réflexion doit être menée sur les arbitrages de conflits d'usages et des interactions avec les autres activités deltaïques. Ces arbitrages concernent bien évidemment les différends entre personnes, mais surtout les différends entre secteurs, tout particulièrement en ce qui concerne les usages des ressources en espaces et en eau. La réflexion relative à ces points doit naturellement s'appuyer sur des politiques de mise en valeur des richesses du delta qui tiennent compte des savoirs disponibles et des enjeux culturels et économiques que constitue la préservation de la diversité des activités deltaïques.

En conclusion, si les mécanismes naturels de production de poisson sont désormais bien identifiés, la durabilité du secteur comme ses perspectives de développement, dépendent de deux ensembles de conditions :

- développer une expertise nationale indispensable au suivi du secteur, à sa valorisation et à la préservation de ses mécanismes fondamentaux de production, aussi bien culturels, sociaux et économiques que naturels (biologiques, écologiques et hydrologiques) ;
- prendre des dispositions administratives et réglementaires propres à une meilleure prise en compte du secteur halieutique, tant dans la préservation de ses intérêts sociaux et économiques que dans l'élaboration de justes consensus et d'arbitrages éclairés des conflits d'usages susceptibles d'opposer la pêche aux autres secteurs productifs (qui partagent avec elle l'usage des ressources en eau et en territoires inondables).

Ces conditions renvoient à une réflexion approfondie sur les contraintes et les opportunités sociales et naturelles d'une gestion intégrée de l'ensemble deltaïque, voire de l'ensemble de l'écosystème fluvial.

### **RECOMMANDATIONS DU GROUPE DE TRAVAIL** **ENVIRONNEMENT & SYSTEMES D'EXPLOITATION**

Présidence du groupe : Monsieur Moulaye FAROTA (DNACPN)  
Rapporteurs : Monsieur Amadou KODIO (IER Mopti)  
Monsieur Pierre MORAND (IRD)

Le groupe de travail, après un rappel des questions traitées lors des exposés, a constaté que les résultats d'une partie des recherches menées au Mali n'avaient pas été diffusés d'une manière satisfaisante, comme les résultats du projet CIPEA/ODEM restés en diffusion restreinte. Il a également mis l'accent sur les questions qui lui paraissaient avoir été insuffisamment ou pas traitées. Finalement, il a retenu les cinq points suivants qu'il considère comme les points les plus importants :

1°/ Quel(s) système(s) de transfert mettre en place pour que les résultats des diverses recherches scientifiques menées depuis une vingtaine d'années dans le delta intérieur (qui touchent à l'étude du milieu naturel et des pâturages, aux systèmes de production agricoles et pastoraux, ainsi qu'aux problématiques foncières) puissent être utilisés par les gestionnaires et décideurs locaux, régionaux... ?

2°/ La nécessité de prendre en compte le problème énergétique (bois) dans les choix de développement du Delta, les formations végétales du Delta intérieur étant pauvres en bois que l'on ne trouve que dans les formations sèches des *toggé* (buttes exondées) et des bordures de la cuvette alluviale.

3°/ Comment mesurer l'impact des différents types d'aménagement et des pratiques d'exploitation sur les aspects sanitaires (santé humaine, santé animale). Ex. : bilharziose, paludisme, falcillose. En ce qui concerne la falcillose, il s'agit peut être d'une conséquence des pratiques de fauche du bourgou (prairie à *Echinochloa stagnina*). Le problème de la prolifération des moustiques (paludisme), notamment dans la zone de l'Office du Niger, pourrait découler du développement de la double campagne annuelle en riziculture.

4°/ Quelle gestion foncière adéquate pour le delta intérieur du Niger dans le cadre de la décentralisation ? La mise en place des communes rurales, des Conseils de Cercle et de l'Assemblée régionale pose, dans le cadre de futurs programmes de développement intégré, le problème de la meilleure gestion possible des ressources naturelles, notamment celles des bourgoutières, pâturages à haute productivité qui sont l'enjeu de rivalités et de conflits d'intérêts.

5°/ Comment entretenir et améliorer le système d'inondation du delta intérieur du Niger (cuvettes, chenaux, mares, lacs...), en particulier dans la partie septentrionale où l'on constate un ensablement des chenaux alimentant les lacs ?

### **RECOMMANDATIONS DU GROUPE DE TRAVAIL** **INTEGRATION PAR LA MODELISATION**

Présidence du groupe : Monsieur Adikarim TOURE (DNAER)  
Rapporteurs : Monsieur Mamadou K. N'DIAYE (IER-Bamako)  
Monsieur Didier ORANGE (IRD)

Les constats du groupe portent sur les points suivants :

1- la variabilité importante dans les systèmes naturels, *a fortiori* dans un système aussi complexe que celui du delta intérieur, la diversité des systèmes d'exploitation et de leurs combinaisons, la multiplicité des enjeux entre les différents acteurs exploitant cet écosystème, font que les prises de décision liées à la mise en œuvre de projets de développement sont difficiles.

2- On ne peut aborder la question de la modélisation dans l'abstrait. Il faut toujours revenir à des exemples concrets pour pouvoir identifier les mécanismes logiques de l'intégration par la modélisation. Il existe, en effet, une grande variété de modèles possibles.

Rappels :

◆ Un modèle est toujours dédié : il doit répondre à une ***problématique précise et aux besoins d'utilisateurs clairement identifiés (même s'ils sont multiples) ; il doit répondre à un cahier des charges précis, défini en concertation avec les utilisateurs.***

◆ Un modèle n'existe que par l'information qu'il crée et distribue. Il doit donc être placé dans un système d'information plus large.

◆ Le lieu d'implantation d'un modèle n'est pas évident. Le choix du lieu nécessite une réflexion dès le début du processus de modélisation.

Quatre points particuliers à prendre en compte :

- Un modèle produit des résultats qui, à leur tour, deviennent des données qui enrichissent le modèle.
- Un modèle est un système évolutif. Dès la conception, il faut donc prévoir des mises à jour périodiques afin d'éviter une obsolescence rapide.
- Un modèle doit être « facile » à utiliser. Son ergonomie doit donc être particulièrement étudiée, tant son utilisation en routine que les mises à jour qui permettent de le faire évoluer.
- Un modèle informatique peut toujours être accidentellement endommagé. Une sauvegarde du système doit donc être prévue. Une solution consiste à implanter le modèle chez l'utilisateur et à conserver une sauvegarde chez le concepteur qui doit comporter rigoureusement les mêmes mises à jour que le modèle en fonctionnement chez l'utilisateur afin de constituer une « copie miroir ».
- Un modèle ne génère pas, par lui-même, de décision. La décision reste toujours du ressort de l'utilisateur. Cependant, la simulation des phénomènes ou des situations qu'il permet entre dans les processus ***d'aide à la décision.***

Ainsi, les décideurs en charge de la gestion et de l'aménagement du fleuve Niger peuvent avoir recours à plusieurs modèles :

1- Un modèle hydrologique qui permet de simuler le fonctionnement du fleuve Niger, en incluant le delta intérieur. Ce modèle doit être de type prédictif, afin de pouvoir simuler l'impact des projets d'aménagements comme la construction d'un barrage sur le fonctionnement de l'ensemble de l'hydrosystème

2- Un modèle de type Système d'Information Géographique (SIG) comme DELMASIG, peut servir d'aide à la décision pour la gestion des ressources naturelles et des systèmes d'exploitation dans une région donnée. Un tel système, qui peut se définir comme une base de données spatialisées, constitue également une « mémoire ».

3- Un modèle de type « observatoire » peut servir à analyser un secteur d'activité précis. Un tel modèle, comme un SIG, est à la fois une base de données et un instrument de simulation et constitue une aide à la décision.

4- Des modèles de type Systèmes Multi Agents (SMA) comme le modèle MIDIN peuvent, grâce à leur très grande souplesse d'utilisation, simuler un grand nombre de scénarios possibles. Ils

peuvent donc devenir des outils précieux dans le cadre de négociations entre différents acteurs pour l'usage d'une ressource, d'un espace....

Rappelons enfin que des modèles différents peuvent communiquer entre eux, à la condition expresse que cette communication soit prévue dès l'origine dans les cahiers des charges, afin d'être intégrée dans la conception et le fonctionnement des modèles. Par ex. un modèle hydrologique peut communiquer avec un SIG dédié à la gestion des pâturages du Delta intérieur en simulant la propagation de la crue. Un SMA dédié à la négociations entre acteurs peut utiliser la base de données spatialisées qu'est le SIG.

Dans le cas précis du fleuve Niger et de son delta intérieur, le transfert dans le champ de la prise de décision de modèles intégrés de type hydrologique, DELMASIG, Observatoire de la pêche, ou MIDIN est possible. Rappelons cependant que les modèles proposés lors de l'atelier ne sont que des prototypes. Un transfert ne peut donc s'envisager qu'aux conditions suivantes :

- Les besoins comme les utilisateurs doivent être clairement identifiés
- Le transfert ne peut s'effectuer que dans le cadre d'un projet auquel les futurs utilisateurs et les concepteurs seront étroitement associés dès le début, et pendant toute la durée.
- Un modèle ne se livre pas « clé en mains » : les données qui alimentent un modèle se périment très rapidement. Un suivi doit être envisagé sur une longue durée, compte tenu des nécessaires évolutions et remises à jour.

## Auteurs

BARRIERE Olivier, juriste, IRD, Sénégal  
CISSE Salmana, sociologue, IER, Mopti  
CUNGE Jean, ingénieur, retraité de SOGREAH, Grenoble  
DANSOKO Daniel, Professeur, IER/IPR  
DEMBELE Boureima, malherbologue, Directeur scientifique, IER, Bamako  
DIALLO Ousmane Alpha, géographe, IER, Mopti  
DIARRA Amadou, malherbologue, IER, Bamako.  
DIARRA Cheickna, malherbologue, IER, Bamako  
DIARRA Lassine, Professeur, IER, Bamako  
FOFANA Alamoustapha, ingénieur hydrochimiste, DNH, Bamako  
HIERNAUX Pierre, ingénieur agronome, écologiste, ILRI, Niamey  
KASSIBO Bréhima, anthropologue, ISH, Bamako  
KODIO Amadou, agro-pastoraliste, écologue, IER, Mopti  
KUPER Marcel, ingénieur agronome, CIRAD, Montpellier  
MAÏGA Housseyni, ingénieur hydrologue, DNH, Bamako  
MARIE Jérôme, géographe, Professeur à l'Université de Paris-X  
MORAND Pierre, biostatisticien, IRD, Dakar  
MULLON Christian, modélisateur, IRD, Afrique du Sud  
NDIAYE Mamadou Kabirou, ingénieur agronome, IER, Bamako  
N'DJIM Hamady, ingénieur agronome, consultant, Bamako  
OLIVRY Jean-Claude, hydrologue, directeur de recherches émérite, IRD, Paris  
ORANGE Didier, hydrochimiste, IRD, Paris  
PONCET Yveline, géographe, IRD, Orléans  
QUENSIERE Jacques, IRD, Dakar  
SARRA Soungalo, ingénieur agronome, IER, Bamako  
TANGARA Ousmane Nianti, ingénieur des eaux et forêts, DNCN, Bamako  
TRAORE Mamadou Nanteke, stagiaire, DNAER, Gao.