



LECOM

Laboratoire des Eaux COntinentales au Mali

**ZA-DIN
RAPPORT D'ACTIVITE
ANNEE 1999**

par le groupe CERDIN (CNRST)

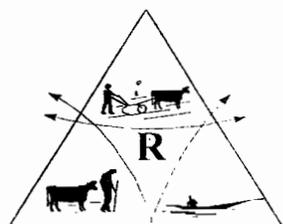
RAPPORTS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

CNRST

*Ministère Enseignement Supérieur
et Recherche
République du Mali*



*Institut de Recherche
pour le Développement*



ZA-DIN

*ZONE ATELIER DU
DELTA INTERIEUR DU NIGER*

Rapport d'Activité

Année 1999

par le groupe CERDIN (CNRST)
avec le support des projets GIHREX (IRD) et SIMES (Wise-Dév)

Rédacteur : Didier ORANGE (IRD)

Bamako, février 2000

Introduction

Par sa nature de *zone atelier*, selon le concept développé par le GIP-Hydrosystème, à savoir être un lieu privilégié où sont développés de façon simultanée trois grands axes de recherche concernant les *transferts d'eau et de matières*, les *systèmes biologiques*, les *sociétés* et les *hydrosystèmes*, l'ensemble des activités de la *Zone Atelier du Delta Intérieur du Niger* (ZADIN) est directement impliqué dans une problématique environnementale.

Or l'environnement est par nature une notion intégrée et intégratrice. Aussi, un projet de recherche basé sur la connaissance, la capitalisation, l'utilisation et la gestion de l'information environnementale est donc nécessairement intégrateur de nombreux acteurs, nombreuses sources, nombreux domaines, etc., leurs articulations n'étant pas forcément linéaires mais souvent croisées, ce qui complique encore la lisibilité. Les activités en cours concernant un tel projet, comme par exemple la Zone Atelier du Delta Intérieur du Niger, sont donc forcément multiples et à des niveaux de réalisation divers. Elles dépendent également très largement des structures ou orientations nationales, régionales, locales liées à la gestion de l'information environnementale.

Au Mali, le gouvernement malien s'est engagé depuis 1992 dans une politique de gestion rationnelle de ses ressources naturelles nationales, dans un but de développement durable. Le Ministère de l'Environnement est né en 1998. Fort de cette volonté nationale malienne, les motivations de la Zone Atelier du Delta Intérieur du Niger, promue par le GIP-Hydrosystème en mai 1998, sont particulièrement bien adaptées.

Rappelons que les activités de recherche ZADIN sont associées aux activités des projets de recherche GIHREX¹ (financement IRD) et SIMES² (ou WISE-Dev, financement BM et UE). Ces activités de recherche ont comme objectif principal une mise à niveau de la connaissance environnementale et de son accessibilité pour la possibilité d'une articulation simultanée entre opérations de développement et opérations de recherche concourant à la création d'un futur observatoire socio-économique du delta (OSED). Un document (écrit dans le cadre de la zone atelier – ORANGE, 1999) définit l'identification et le cadrage d'un tel projet de développement, le projet EIDES (discuté avec le Ministère de l'Environnement, le Ministère du Développement Rural et de l'Eau, et la Division *Science / Policy Analysis and Operation* de l'UNESCO).

Enfin, notons que le projet de recherche GIHREX de l'IRD est une continuité de deux anciens programmes de recherche de l'IRD (ex ORSTOM) à Bamako, à savoir DCN³ (1986-1994) et EQUANIS⁴ (1992-1997).

Le rapport d'activité ci-après décrit les actions de recherche et d'encadrement ou d'accompagnement de la recherche, qui ont pu être réalisées avec l'appui financier de la subvention du GIP-Hydrosystème dans le cadre de la Zone Atelier du Delta Intérieur du Niger.

¹ Gestion Intégrée, Hydrologie, Ressources et systèmes d'Exploitation, coordinateurs : JC. OLIVRY (IRD) et D. ORANGE (IRD)

² Systèmes d'Information Multimédia pour l'Environnement Sub-saharien (*Web Integrated System for Environment and Development*), coordinateurs : O. MONGA (INRIA) et E. CHENIN (IRD)

³ La Pêche dans le Delta Central du Niger, coordinateur : J. QUENSIERE (IRD)

⁴ Etude de la Qualité des Eaux du Niger Supérieur, coordinateur : JC OLIVRY (IRD)

Chapitre 1 Cadre opérationnel de la Zone Atelier : une plate-forme de recherche pluridisciplinaire

Un objectif commun :

Mieux comprendre l'ensemble des processus observés dans une zone particulière, celle du Delta Intérieur du Niger, afin d'orienter les choix des acteurs et des décideurs impliqués dans la gestion des ressources naturelles.

1.1. Rappel : un cadre d'orientation scientifique défini dans une Zone Atelier

Le groupe CERDIN a obtenu le label de *Zone Atelier* (du GIP-Hydrosystèmes) pour le projet de recherche défini dans le document d'orientation ZADIN (1997). Ce document est un plan stratégique, où sont définis les axes de recherche, les méthodes, l'organisation du groupe et les résultats attendus. Ces orientations concordent avec le concept de *Zone Atelier* développé par le GIP-Hydrosystèmes⁵, à savoir :

- être une zone où l'on aborde les phénomènes naturels, et sous l'influence anthropique, en s'attachant *simultanément* aux composantes physiques, chimiques, biologiques et socio-économiques, selon une série d'échelles emboîtées ;
- avoir une extension géographique qui répond à une réflexion sur le *territoire efficace* (nécessaire et suffisant) pour la compréhension et la gestion des hydrosystèmes ;
- développer une *approche scientifique* visant à restituer la diversité spatiale et la dynamique des phénomènes en cause.

Pour permettre cette démarche pluridisciplinaire et pluri-institutionnelle, l'IRD a développé depuis 1997 le projet de recherche GIHREX⁶ dont les objectifs spécifiques étaient :

- *Connaissance de la dynamique d'un système complexe*
 - dynamique spatio-temporelle de l'inondation
 - qualités des eaux (matières en suspension et dissous)

⁵ La vocation du GIP-Hydrosystème est de "promouvoir une approche intégrée des hydrosystèmes prenant en compte les exigences du développement socio-économique et la protection des systèmes naturels, et mobiliser la communauté scientifique sur cet objectif".

⁶ La constitution du groupe de réflexion CERDIN s'est accompagnée de la proposition d'un projet de recherche réunissant 8 chercheurs (7 chercheurs de l'IRD : Robert Arfi, Vincent Bénech, Gil Mahé, Pierre Morand, Jean-Claude Olivry, Didier Orange, Yveline Poncet ; 1 chercheur indépendant : Marcel Kuper) au sein du programme « GRANDS BASSINS TROPICAUX : DYNAMIQUES ET USAGES » (GP621, responsable : Pascal KOSUTH) de l'unité de recherche « GESTION DES RESSOURCES EN EAU ET DES MILIEUX AQUATIQUES TROPICAUX » (UR2, responsable : Jean-Marie FRITSCH). Ce projet de recherche intitulé GIHREX (*Gestion Intégrée Hydrologie Ressources et systèmes d'Exploitation*, coordinateurs : Jean-Claude OLIVRY et Didier ORANGE) a été validé par l'IRD en septembre 1997. Ce projet s'est inscrit dans la continuité des anciens programmes de recherche qu'étaient les projets DCN et EQUANIS.

- production primaire aquatique et liens avec la qualité des eaux
- comportements des populations de poissons
- analyses des stratégies des acteurs (pêcheurs, agriculteurs, éleveurs)
- **Développer des outils et méthodes d'aide à la gestion durable**
 - modélisation intégrée de systèmes complexes
 - test de scénarios de gestion (simulation des productions)
 - outils d'intégration et de consultation de documents (intranet scientifique)
 - observatoire (indicateurs, interfaçage utilisateurs)
- **Formation et soutien à la recherche**
 - doctorats, formation professionnelle, ...
 - notion d'unité de gestion intégrée
 - coordination d'institutions de recherche et de directions nationales
 - mobilisation des systèmes d'observation environnementaux existants

1.2. Le groupe CERDIN ?

Le groupe CERDIN est un groupe pluridisciplinaire malien de scientifiques, placé sous l'autorité du CNRST⁷ : il est lié aux objectifs scientifiques du document d'orientation de ZADIN, validé par le GIP-Hydrosystème ; il est organisé autour d'un Comité Scientifique et d'un Comité Directeur.

Le *Comité Scientifique* est constitué de 10 chercheurs maliens : Tiéma NIARE (IER, coordinateur scientifique du groupe CERDIN), Adama MARIKO (ENI), Amadou BALLO (ENSUP), Abdoulaye BAYOKO (CNRST), Samuel DIARRA (DNHE), Wamian DIARRA (CNRST), Amadou KODIO (IER), Diama TOGOLA (ENSUP), Aboubacar MAIGA (DNAER), Abdou Yeya MAIGA (IER).

Le *Comité Directeur*, sous la présidence du CNRST, rassemble les institutions constitutives du groupe, à savoir : **Représentants des Institutions de Recherche** (*Université du Mali*⁸, IER), **Représentants des Directions Nationales** (DNHE, DNM, DNAER, DNAMR, DNCN, DNCT), **Représentants des Organisations Paysannes** (*Commissions Régionales des Utilisateurs, Chambres Régionales d'Agriculture*), **Représentants des Gestionnaires et Décideurs** (*Ministère de l'Environnement, Ministère du Développement Rural et de l'Eau, Ministère des Travaux Publics et des Transports, Comités Régionaux de Développement*) et **Représentants des Organisations de Développement** (*Organisations internationales de recherche et de développement (UICN, Wetlands, Terra Nova*⁹, *Volontaires du Progrès, IRAM*¹⁰, etc.).

1.3. Historique

1995-96 : Plusieurs versions d'un projet de *Zone Atelier* sont successivement soumises au GIP-Hydrosystèmes (France) sans succès car l'intégration des disciplines et des institutions n'est pas réalisée. Le groupe n'existe pas.

Novembre 1996 : Première réunion d'un groupe scientifique pluri-institutionnel au CNRST animé par l'IRD, remobilisation pour un projet de *Zone Atelier*.

⁷ Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, du Ministère des Enseignements Secondaires et Supérieurs et de la Recherche, au Mali

⁸ FAST, FLASH, ENI, IPR-IFRA, ENSUP, ISFRA, ...

⁹ ONG italienne bien implantée dans le delta intérieur du Niger

¹⁰ Institut de Recherches et d'Applications des Méthodes de Développement, organisme indépendant

Janvier 1997 : Une délégation franco-malienne vient à Paris présenter son projet au GIP-Hydrosystèmes. Le groupe prend le nom de CERDIN. Des recommandations sont exprimées par le GIP-Hydrosystèmes pour améliorer le projet : la zone atelier prend naissance.

Avril 1997 : Un document d'orientation voit le jour. Ce cadre sera désormais la référence, à la base de toutes les activités de recherche du groupe CERDIN.

Mai 1997 : Le conseil scientifique du GIP-Hydrosystèmes accueille favorablement les orientations de recherche définies par CERDIN.

Septembre 1997 : Validation par l'IRD du projet de recherche pluridisciplinaire GIHREX.

Mai 1998 : Le conseil administratif du GIP-Hydrosystèmes valide le label de *Zone Atelier* accordé à CERDIN pour ses orientations de recherche. Une convention de financement est signée.

Mars 1999 : Le contrat est finalement signé avec l'ORSTOM (IRD) et l'argent mis à disposition de CERDIN, via le CNRST. La durée du contrat couvre la période du 1 janvier 1999 au 31 décembre 2000, avec un budget de 140.000 FF en 1999 et de 60.000 FF en 2000, dont l'objet est de permettre l'écriture d'un document de projet, d'organiser des rencontres et d'aider le groupe à obtenir un financement pour ses opérations de recherche.

1.4. La vocation de CERDIN

La vocation de cette plate-forme pluridisciplinaire et pluri-institutionnelle est de mettre en place une structure capable, simultanément, de promouvoir la recherche au Mali, de favoriser la communication au sein de la communauté scientifique et de faciliter la diffusion des résultats de la recherche vers les utilisateurs de cette information.

Ainsi, CERDIN a pour ambition de catalyser les efforts de la recherche malienne, puis de faciliter la restitution de ses résultats auprès des acteurs et des décideurs impliqués dans la gestion des ressources naturelles.

Chapitre 2 Méthodes de la recherche

Les activités de la zone atelier ZADIN financés par le GIP-Hydrosystème se sont concentrées sur les actions de communication au sein de la communauté scientifique, facteur essentiel pour la progression des activités de recherche, puis sur la diffusion des résultats auxquels ont abouti les opérations de recherche financées par ailleurs (IRD, UNESCO/PHI, BM, UE).

La démarche poursuivie est la suivante (fig. 2.1) : *les utilisateurs des résultats les évaluent en fonction des objectifs initialement établis et définissent de nouveaux besoins, en matière de recherche, qu'ils adressent aux scientifiques.*

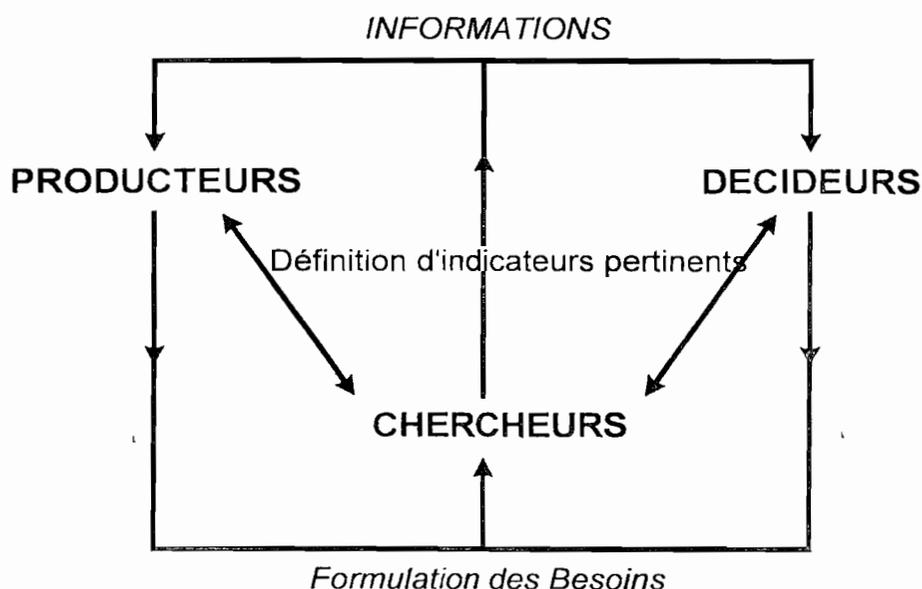


Figure 2.1 : Circulation de l'information entre les trois groupes d'acteurs

La concertation reprend entre les trois groupes, en intégrant les nouveaux éléments, et de nouveaux axes de recherche sont définis. Cette procédure correspond à l'intention de CERDIN de mettre en place un mécanisme qui favorise une recherche utile (« elle répond à des besoins clairement identifiés ») et efficace (« elle est régulièrement évaluée et réorientée »).

La méthodologie suivante a été appliquée :

- Approche intégrée pluridisciplinaire via une plate-forme de discussion-concertation que représente la **maquette de modélisation intégrée** ;
- Création d'un **groupe scientifique pluridisciplinaire pluri-institutionnel** pour une réflexion pluridisciplinaire intégrée ;

- Développement simultané *des opérations de recherche thématiques* monodisciplinaires et d'une maquette de modélisation intégrée évolutive ;
- Développement de l'architecture d'un *observatoire de gestion de l'information environnementale* en se basant sur l'expérience de l'*Observatoire de la Pêche* ;
- *Intégration des échelles* de réflexion :
 - *Echelle régionale* : le delta entre KéMacina-Douna et Tombouctou, modélisation hydrologique de l'inondation, modélisation conceptuelle de l'inondation et des productions ;
 - *Echelle locale* : une cuvette étudiée en détail (Batamani), étude des processus et des relations trophiques entre la mobilisation de la ressource en eau et la production de ressources par l'écosystème, étude des stratégies des acteurs vis-à-vis et pour la production.

Pour cela, les activités en cours proposent (selon le schéma d'articulation figure 2.2) :

1. une structure opérationnelle basée sur :

- un groupe scientifique mobilisé et reconnu politiquement et régionalement associant institutions de recherche et directions nationales (ou régionales),
- une maquette de modélisation intégrée évolutive, conçue pour créer un espace de communication entre les acteurs intéressés par la gestion de l'environnement (exploitants, producteurs, gestionnaires, décideurs, bailleurs, chercheurs. ...),
- une base de connaissance interactive architecturée, dynamique, évolutive, partagée et contrôlée (et non centralisée), construite à partir des technologies informatiques les plus récentes,
- un observatoire environnemental visitable sur le web¹¹ et dont la structure est opérationnelle.

2. un ensemble d'exemples de réalisation ou d'application issus de recherches thématiques environnementales ou cognitives :

- des études monodisciplinaires spécifiques,
- une maquette de modélisation intégrée du delta intérieur du Niger,
- l'Observatoire de la Pêche (<http://www.orleans.ird.fr/ext/pechedcn>).

¹¹ <http://www.orleans.ird.fr/ext/pechedcn>

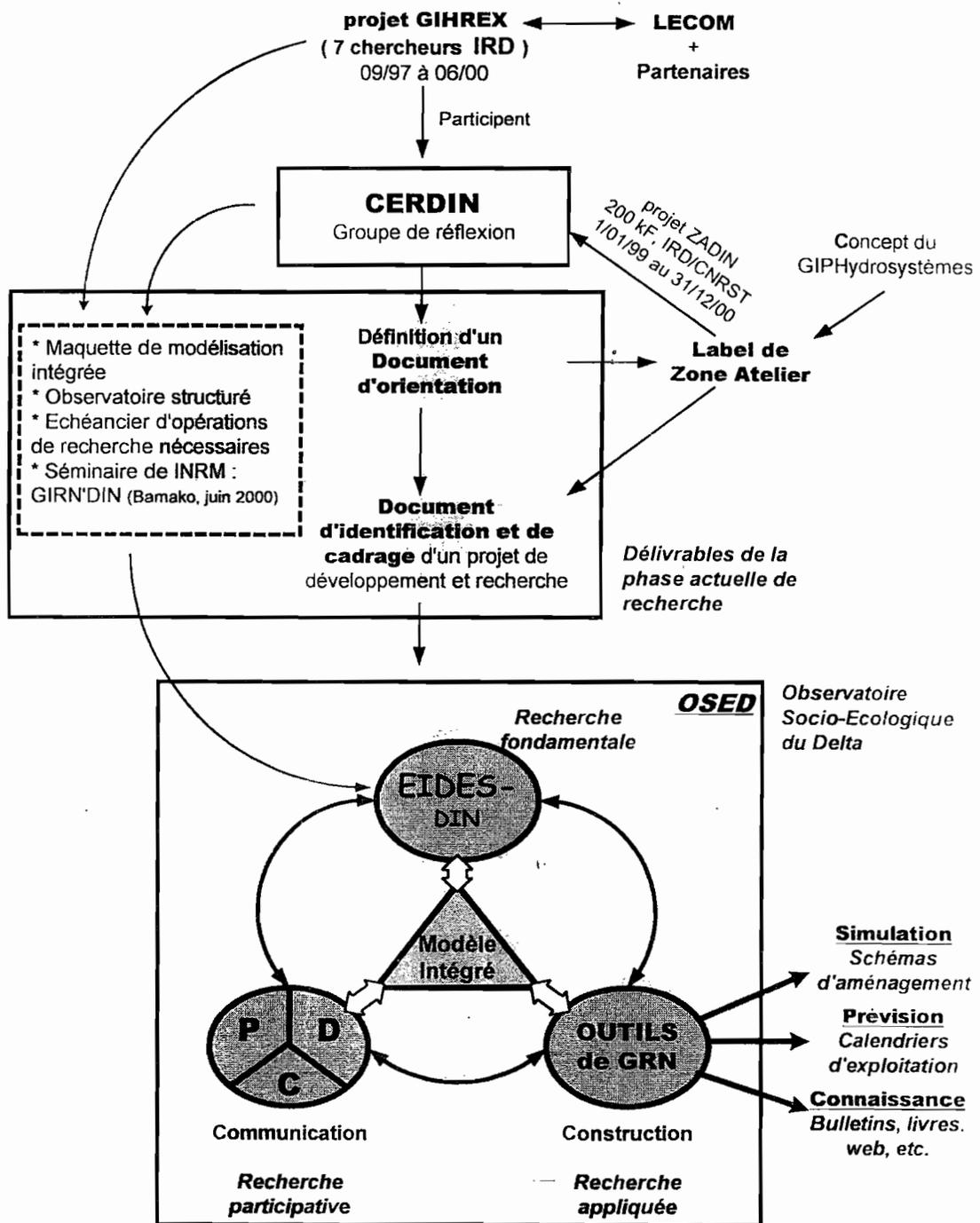


Figure 2.2 : Schéma d'articulation entre GIHREX, CERDIN et le projet d'un Observatoire Socio-Ecologique du Delta (OSÉD)

Chapitre 3 Les activités de l'année 1999

Le cadre d'orientation scientifique défini dans le document ZADIN est donc le support scientifique de toutes les recherches menées par CERDIN en partenariat avec le projet GIHREX. Au cours de l'année 1999, on peut distinguer six axes majeurs de recherche se répartissant selon deux groupes d'activités, à savoir un groupe d'opérations de recherche thématiques liées à la connaissance des processus et des dynamiques spatio-temporelles, et d'autre part un groupe d'opérations de recherche cognitive liées à la circulation de l'information environnementale :

1. les opérations de recherche thématiques ont surtout concerné :

- l'étude de la dynamique spatio-temporelle de la quantité et de la qualité des eaux,
- l'étude de la biodiversité planctonique et de la production primaire du milieu aquatique considérée comme une des bases essentielles du développement régional en relation avec la productivité des milieux,
- l'étude des stratégies d'exploitation des pêcheurs, agriculteurs (culture du riz) et éleveurs.

2. l'intégration de ces différentes recherches a été réalisée par le développement de recherches cognitives sur :

- la modélisation intégrée à base hydrologique et orientée vers des sorties en production.
- le système d'information pour la construction d'une base de connaissance interactive,
- la structuration d'un observatoire et son interfaçage (définition d'indicateurs).

Les principaux systèmes d'observation nationaux mobilisés sont : le réseau hydrologique du bassin du Niger de la DNH (Direction Nationale de l'Hydraulique) et le réseau d'observation météorologique de la DNM (Direction Nationale de la Météorologie). Ponctuellement et à l'occasion des nécessités des opérations de recherche, les réseaux régionaux ont été mis à contribution, notamment ceux de la DNAMR (Direction Nationale de l'Aménagement et de l'Équipement Rural), de l'IER (Institut d'Économie Rurale) et de la DNSI (Direction Nationale de la Statistique et de l'Information). Enfin, bien sûr, l'*Observatoire de la Pêche* est liée structurellement à un réseau d'observation par enquêtes sur des sites de pêche prédéfinis (cf. site internet <http://www.ortans.ird.fr/ext/pechedcn>).

3.1. Les opérations de recherche thématiques

Le tableau 3.1 donne les titres des opérations de recherche actuellement en cours dans le cadre de la zone atelier du delta intérieur du Niger sur financement du GIP-Hydrosystème.

Tableau 3.1 : Quelques opérations de recherche de la zone atelier ZADIN financées par le GIP-Hydrosystème

Titre des Opérations de Recherche de ZADIN	Chercheurs impliqués ¹²
Stratégies des agriculteurs situés autour de la mare de Débaré : impacts sur la production de riz	Ousmane MAÏGA (ISFRA) Marcel KUPER (IRD)
Spatialisation des données météorologiques et bilans de l'eau dans le delta	Bamba FATOGOMA (ENI) Mamadou L. FOFANA (DNM)
Modalités de renouvellement des principales espèces d'intérêt halieutique dans le DIN	Tiéma NIARE (IER)
Lutte intégrée contre les rongeurs ravageurs des cultures et vecteurs de maladies transmissibles à l'homme et aux animaux dans le DIN	Wamian DIARRA (CNRST)
Identification et structuration d'une liste d'indicateurs de l'environnement et du développement durable pour le DIN	Pierre MORAND (IRD) Djériba TRAORE (PNAE ¹³)
Etude préliminaire de la sédimentation dans les lacs Débo et Aougoundou (DIN)	Samuel DIARRA (DNH) Didier ORANGE (IRD)

• **Stratégies des agriculteurs situés autour de la mare de Débaré : impacts sur la production de riz**

La mare de Débaré, située dans la région de Mopti, se localise entre le village de Batamani et celui de Saré Mama. Les riziculteurs de cette mare habitent ces deux villages et dépendent de pouvoirs traditionnels différents. Appartenant à des groupes ethniques ayant des lieux d'origine et des durées de résidence différents, ils ont développé à travers leurs parcours résidentiels et professionnels, diverses stratégies de production qui sont influencées par des indicateurs socio-économiques différents et les conditions écologiques du milieu.

• **Spatialisation des données météorologiques et bilans de l'eau dans le delta**

Afin d'accéder aux bilans hydrologiques sous-régionaux du delta intérieur du Niger, la spatialisation des données météorologiques (pluie, évapotranspiration potentielle, température moyenne de l'air, nébulosité) est un bon compromis pour accéder à cette information sous-régionale. En utilisant la chaîne de calcul et de traitement mise en place au Centre IRD de Bamako (par Gil Mahé), on a pu construire des grilles de valeurs spatialisées nécessaires au fonctionnement du modèle hydrologique déterministe de la maquette MIDIN (Modélisation Intégrée du Delta Intérieur du Niger) à des pas de temps du mois et de la quinzaine et préciser ainsi la compréhension du fonctionnement hydrologique de ce delta.

• **Modalités de renouvellement des principales espèces d'intérêt halieutique dans le DIN**

La maquette MIDIN, qui vise une fédération des diverses disciplines thématiques, s'appuie fortement sur la dynamique de l'hydrosystème, autrement dit de l'eau comme moteur de tous les processus écologiques. Parmi eux, figure en bonne place le système halieutique dont le principe de base est la capturabilité du poisson, produit de l'écosystème. Cette notion complexe de capturabilité est fonction entre autre de l'abondance de la ressource exploitée et en corollaire de sa concentration dans le milieu. Une cinquantaine de poissons dans chaque espèce ont été échantillonnés auprès des pêcheurs sur les lieux de débarquement en août 1999. Les données recueillies ont permis d'évaluer l'effort de reproduction (RGS) et

¹² signification des sigles en annexe

¹³ ancien Programme National d'Action Environnementale, Ministère de l'Environnement

de fécondité, informations nécessaires pour la conservation de la biodiversité et une meilleure conception de la gestion des pêcheries.

- ***Lutte intégrée contre les rongeurs ravageurs des cultures et vecteurs de maladies transmissibles à l'homme et aux animaux dans le DIN***

Des travaux sur la typologie des biotopes occupés par les rongeurs dans trois localités distinctes et spécifiques ont été menés pendant notre enquête en fin saison pluvieuse (Sept.-Oct.) dans le Delta Intérieur du Niger. Les objectifs de cette étude sont : (i) d'établir une typologie élémentaire des biotopes occupés par les rongeurs ; (ii) de caractériser les espèces de rongeurs nuisibles présents ; (iii) de caractériser et de comprendre les mécanismes de répartition de ces espèces au sein des biotopes identifiés ; (iv) de caractériser l'intensité des dégâts dus à ces rongeurs ; (v) d'étudier ou de proposer des solutions techniques importée ou locale de lutte. Concernant la typologie des biotopes, il ressort que les habitations et la zone inondée sont les biotopes les plus favorables aux rongeurs nuisibles, puis viennent les cultures sèches.

- ***Identification et structuration d'une liste d'indicateurs de l'environnement et du développement durable pour le DIN***

A la suite de la Conférence de la CNUED de Rio (1992), des recommandations ont été faites pour que les organismes internationaux et les nations engagent la réflexion afin d'identifier les indicateurs du développement durable. Depuis cette date, de nombreux travaux conceptuels ont été engagés : cependant, beaucoup de difficultés apparaissent lorsqu'il s'agit de passer de l'étape d'implémentation nationale ou locale des indicateurs conçus au niveau international selon une approche « top-down ». C'est pourquoi nous proposons pour le Delta Intérieur du Niger de procéder par une démarche inverse, en montant un groupe de travail de chercheurs et d'ingénieurs connaissant bien le terrain et les données, et qui partiront d'une analyse des besoins en information sur les plans locaux, régionaux et nationaux.

- ***Etude préliminaire de la sédimentation dans les lacs Débo et Aougoundou (DIN)***

Les études sédimentaires effectuées sur le fleuve Niger ont porté essentiellement sur le transport de matières solides en suspension et par charriage. Les résultats de ces différentes interventions ont prouvé qu'un transport sédimentaire notable s'effectue, particulièrement pendant la saison des pluies et pendant les crues dans le lit du fleuve Niger. Ce projet se propose de faire une étude liminaire des dépôts dans les lacs centraux du Débo-Walado constituant les premières zones tampon pour les crues, et dans le lac Aougoundou étant un lac de débordement de la lame d'inondation du delta. Une première campagne sédimentologique a été effectuée en novembre 1999. La caractérisation des sédiments devrait permettre la compréhension des mécanismes de transfert et de rétention sédimentaire dans les lacs.

3.2. Les opérations de recherche cognitive

Les opérations de recherche cognitive ont surtout concerné les actions de recherche du projet GIHREX, et donc uniquement les chercheurs de ce projet utilisant un financement extérieur à celui du GIP-Hydrosystème. Cependant, toutes les activités de la zone atelier financée par le GIP-Hydrosystèmes concourent vers ces opérations de recherche cognitive. Aussi, nous avons trouvé intéressant de présenter ici les principaux axes développés dans ce cadre.

3.2.1 La maquette de modélisation intégrée

La maquette de modélisation intégrée du delta intérieur du Niger est construite à partir d'une représentation géoréférencée d'une architecture spatiale hydrologique fondée sur la structure en réseau (nœuds et flux) de l'hydrosystème et sur les fonctionnalités hydrologiques des objets géographiques (transfert, stockage, mélange). Le principe de modélisation retenu est un système de simulations évoluant dans l'environnement spatial cité plus haut. Si l'on considère la quantité de variables qui entrent en jeu dans la production biotique et les productions économiques du Delta, et si l'on considère la quantité de thèmes sur lesquels les actes de décision peuvent s'exercer dans les processus de production, les relations et interactions sont si nombreuses que les simulations de scénarios (à construire) semblent être la meilleure solution pour la réalisation d'une aide à la gestion prenant en compte la diversité éco-socio-économique de cet écosystème.

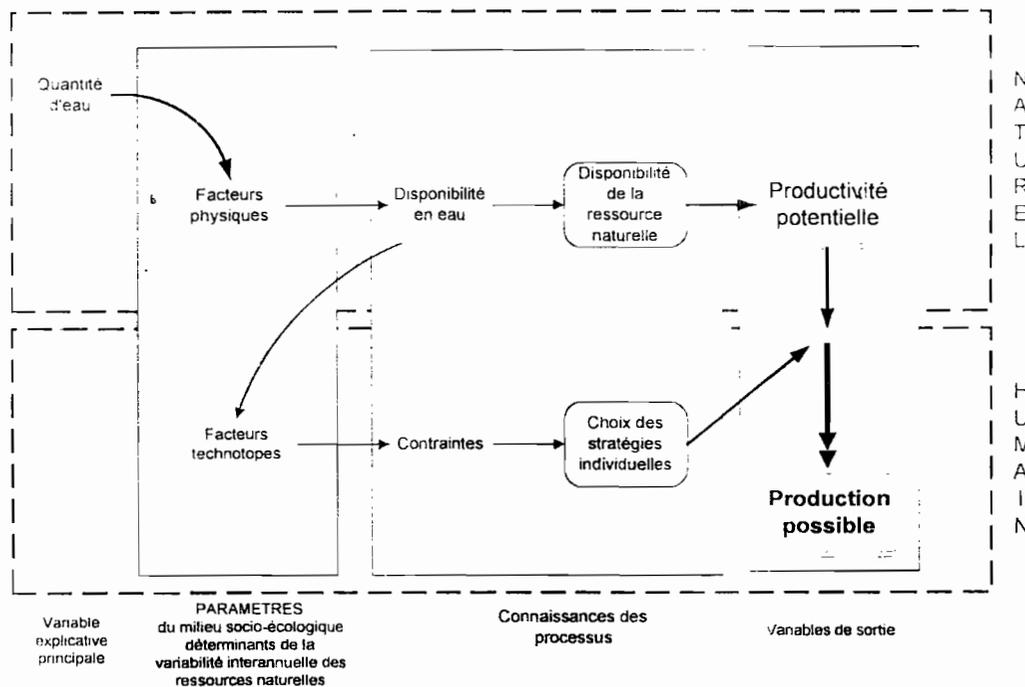


Figure 3.1 : Schématisation de la modélisation intégrée allant de la variabilité climatique à la production des systèmes

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

productions possibles (fig. 3.1) des zones de pêche, des zones agricoles et des zones pastorales.

Pour résumer, il s'est agi de :

1. *Quantifier l'impact de la crue (« le moteur du delta ») sur la génération de la ressource*, à partir du remplissage en eau des objets hydrologiques du modèle hydrographique conceptuel du delta, basé sur une lecture des cotes limnimétriques observées sur 3 années tests (1993, 1994, 1995) et intégrant une valeur moyenne d'évaporation¹⁴. La productivité des milieux est modélisée à partir de relations simples *volume d'eau / abondance de la ressource*¹⁵ ;
2. *Représenter les mouvements de population pour l'exploitation des ressources naturelles*, on utilise des modèles de type « marché de l'emploi » en distinguant les activités halieutiques et agricoles représentées par un modèle *pulling* et les activités pastorales représentées par un modèle *pushing*.

les activités halieutiques et agricoles : un modèle pulling

Les populations du delta sont représentées par des groupes (groupes d'agriculteurs, groupes d'agro-pêcheurs, groupes de pêcheurs) qui migrent vers des zones (zones de pêche, zones agricoles) lorsque les ressources exploitables de ces zones sont suffisantes : « les zones attirent les groupes », notion d'abondance (pêche) et de fertilité (agriculture) des zones.

les activités pastorales : un modèle pushing

Les populations d'éleveurs ne sont pas représentées. On a représenté les groupes de bétail (de troupeaux), qui se déplacent quand il n'y a plus d'herbe dans la zone pastorale où se trouve le troupeau : « les zones chassent les groupes », notion de capacité d'accueil des zones.

3. *Concevoir et développer une maquette de modélisation intégrée*, dès le début de l'avant-projet : cela a servi de plate-forme de discussion entre les chercheurs et les acteurs (décideurs, gestionnaires, bailleurs de fonds. ...), ce qui a permis d'une part, un développement progressif de la maquette, mais surtout une prise de conscience par les acteurs de la nécessité d'intégration des actions de développement à mener.

Attention, la modélisation obtenue correspond à **un modèle de comportement** et non de stratégie. En effet, la dynamique spatiale des groupes est liée à l'allocation des ressources naturelles dans les zones exploitables et non à la stratégie des choix des acteurs. Dans la maquette actuelle, les choix géographiques d'exploitation sont statiques, c'est à dire prédéfinis selon six périodes de l'année¹⁶ dans une base de données établie à partir de la connaissance acquise par les opérations de recherche sur les stratégies.

3.2.2 La base de connaissance interactive

Baucoup de travaux de recherches monodisciplinaires ont été menés dans le Delta Intérieur du Niger¹⁷. Leurs résultats sont souvent peu ou pas exploités, très peu accessibles et

¹⁴ La mise au point d'un modèle hydraulique est en cours de réalisation à partir du logiciel SIC (CEMAGREF), il prévoit la connaissance du débit, hauteur et vitesse d'eau aux nœuds du modèle hydrographique conceptuel en fonction du débit dans le haut bassin du Niger/Bani

¹⁵ Selon les conclusions du projet de recherche *Pêche dans le Delta Central du Niger* (Quensière, 1994)

¹⁶ L'année hydrologique est découpée en six périodes : basses eaux saison sèche, basses eaux saison des pluies, montée des eaux, hautes eaux, décrue, basses eaux fin de saison.

¹⁷ Citons, par exemple, le travail de O. et C. Barrière sur le foncier (1992), les travaux du Dépt. de Géographie de l'université de Rouen (Gallais et al., 1984), le travail sur la pêche par l'Orstom et l'IER (1994), les travaux

souvent non valorisés en dehors de leur utilisation directe par les projets concernés. Aussi, un objectif poursuivi par le projet GIHREX a été la mise en place d'une base de connaissance intégrée dans une fonction *observatoire* diffusant de l'information vers l'extérieur. Cette opération de recherche, référencée sous le nom de BACODIN¹⁸ et cofinancée en partie par le projet SIMES, réalise donc **une base de connaissance d'accompagnement de la zone atelier du delta intérieur du Niger, destinée à favoriser la capitalisation et l'échange des données et des résultats.**

Cette base de connaissance est conçue pour intégrer les bases de données, cartes, travaux et résultats concernant cette région¹⁹, sur un site web « Delta » enrichi et maintenu en deux localisations : le serveur d'ERMES (IRD) à Orléans pour une large dissémination sur le net et une machine puissante du LECOM (IRD) de Bamako. L'objectif visé est d'élaborer une interface activant un certain nombre de procédures automatiques (de types moteurs de recherche) permettant de consulter souplement un ensemble hétérogène d'information, avec des fonctions de recherche et d'association²⁰. Le passage au stade opérationnel a été rendu possible du fait de l'existence à Bamako de plusieurs bases de données régulièrement mises à jour (météorologie, hydrologie, pêche) dont plusieurs sont totalement accessibles à la zone atelier (sur le plan du statut d'accès), et dont l'une au moins fournit déjà un effort d'expression en mode observatoire.

Le site « Delta » propose plusieurs types d'entrées pour accéder aux connaissances : par thèmes de recherche (connaissance de la dynamique du système), par mode d'intégration (outils d'aide à la gestion durable) et par des outils automatiques paramétrables (moteurs de recherche). Actuellement, on peut distinguer :

- 5 entrées vers la connaissance de la dynamique du système :

- Dynamique de la crue
- Transports dissous et en suspension
- Chaîne trophique et liens avec la qualité de l'eau
- Comportement et dynamique des populations de poissons
- Analyse des stratégies des acteurs (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs)

- 3 entrées vers les outils d'aide à la gestion durable :

- Observatoire des systèmes de production et de leur environnement
- Modélisation intégrée et scénarios de gestion
- Atlas cartographique

- 1 entrée par un système de requête ouvert (interface appelant des moteurs de recherche).

3.2.3 Structuration d'un observatoire

L'observatoire doit être un outil permettant à un large public d'utilisateurs (gestionnaires, opérateurs du développement, scientifiques) d'accéder à des informations sur l'évolution de l'état de l'hydrosystème, de ses ressources et des activités d'exploitation liées. Pour l'utilisateur, cette fonction observatoire doit donc apparaître sous la forme d'une interface

hydrologiques de l'Orstom et la DNHE (EQUANIS, 1994), le travail des néerlandais sur la région de Mopti (Gosseye et al., 1990), le projet RCS du CILSS, PIRT, PIRL, ...

¹⁸ cf. annexe

¹⁹ Un inventaire non exhaustif des données environnementales spatialisées disponibles est fourni en annexe.

²⁰ Thèse de Patricia Dzéakou (Université d'Orléans, ERMES ; co-encadrement C. Mullon et P. Morand)

de consultation, qui constitue l'entrée vers l'information et qui, par sa configuration, doit aider à la décision.

On a amorcé le développement d'un tel observatoire pour la gestion des ressources naturelles du Delta Intérieur du Niger, par une approche incrémentale progressive et en utilisant comme noyau initial l'actuel *Observatoire de la Pêche*. Dans la phase actuelle, pouvant être considérée comme une phase d'avant-projet pour l'OSD²¹, la réalisation de cette maquette d'interface a constitué un produit très concret qui a fédéré l'ensemble de notre travail, en nous obligeant à aborder aussi bien les questions de contenu que celles concernant la forme et l'ergonomie de consultation. Ces questions nous ont conduit à relever plusieurs défis :

- identifier les différents types d'*utilisateurs* et leurs *besoins* respectifs, avec un certain degré d'anticipation sur la demande ;
- identifier de la façon la plus complète possible le *contenu sémantique des tableaux de bord*, c'est-à-dire les indicateurs utiles dans les différents secteurs (pêche, riziculture, élevage, environnement) et en fonction des différents besoins (décisions d'aménagement, de réglementation, d'organisation de l'exploitation, de connaissance scientifique...);
- mettre en rapport de façon intelligible différents types d'indicateurs, décrivant soit *l'état ou la dynamique des systèmes*, soit les objectifs de gestion (indicateurs de type "*point de référence cible*"), soit encore les décisions et expressions de la gestion ou bien encore les résultats atteints (*indicateurs "de performance"*) par rapport aux objectifs exprimés ;
- traiter la question des *échelles* en proposant des choix réalistes en termes de restitution (deux niveaux d'échelle par exemple). De ce point de vue, rappelons qu'il s'agit de répondre à la fois aux besoins d'information de la gestion locale (ou à court-terme) et à ceux de la gestion globale régionale (ou à long-terme) ;
- faire co-exister des *indicateurs spécifiques*, utile pour la gestion locale ou régionale, et des *indicateurs normalisés* (du type de ceux préconisé par l'UNEP) à diffuser en vitrine sur le net ;
- rendre visible et compréhensible le contenu et l'organisation de l'observatoire à travers *l'interface de consultation*, de façon à améliorer le discernement de l'utilisateur sur la qualité des informations proposées, augmentant du même coup sa capacité à les utiliser. La description normalisée des bases sources sous forme d'un *catalogue de méta-données* est à cet égard particulièrement utile, de même que la mise à disposition de *schémas fonctionnels* ;
- examiner comment certains résultats (scénarios) issus des modèles déjà développés (respectivement SimDelta²² -1,2,3,4- et la maquette de modélisation intégrée) peuvent être transformés en *instruments d'analyse* et rendus disponibles sur l'interface, et ceci avec un certain niveau d'interactivité pour les utilisateurs ;
- vérifier la disponibilité des données nécessaires pour renseigner le contenu de l'interface, ou évaluer le *degré de faisabilité* (notamment en termes de coût d'opportunité) de la mise en place des dispositifs de collecte correspondants ;

²¹ Observatoire Socio Ecologique du Delta, du futur projet EIDES

²² action de l'Action Incitative DURR (programme P. Morand, 1992-1996)

- enfin, faire en sorte que l'observatoire puisse, dès sa naissance, participer au réseau des informations de même type dans le monde, et veiller pour ce faire à son référencement, d'une part, et à la mise en place d'une *page de liens* vers des sites homologues (observatoire) ou contextuels, d'autre part.

Afin de montrer l'opérationnalité du produit, cet observatoire est visible sur le net comme décrit ci-dessous (fig. 3.2).

L'Observatoire de la Pêche dans le DIN (OPD) est un projet qui a démarré fin 1994 à Mopti, sous la responsabilité du PRH (Programme Ressources Halieutique) de l'IER et avec la participation de l'IRD et de l'OPM (Opération Pêche Mopti). Le projet a pour objectif d'assurer un suivi de l'état de la ressource (en abondance et en structure) et de l'activité d'exploitation, y compris son rendement économique pour les producteurs. Ce suivi est donc complémentaire des statistiques de l'OPM collectées à Mopti sur le nœud principal de la filière de commercialisation. L'acquisition de l'information s'exerce sur trois zones-échantillons (totalisant 420 km², incluant 14 villages et 61 campements de pêcheurs) à travers deux types de modules d'enquête :

- un module d'enquêtes exhaustives dites "bimestrielles" (6 passages par an) consistant en un recensement des présences des ménages, de leur mobilité et de leurs activités de pêche du moment, sur la base de leurs déclarations ;
- un module d'enquêtes par échantillonnage consistant en une observation directe d'actions de pêche et de leurs résultats (captures) sur les lieux de pêche (barrages) ou à leur retour (sites de débarquement).

Les données sont saisies au CRRA²³ de Mopti où est entretenu la base de données "source". Le tout est géré par l'application foxpro "SipDelta" développée *ad hoc*. Des extractions (traitements) sont périodiquement effectuées sur cette base source pour alimenter les formats de restitution d'un bulletin semestriel et d'un site WEB (fig. 3.2). *Ces traitements seront bientôt complètement automatisés et complètement réalisés à Mopti* grâce une seconde application foxpro dite "SipDelta T" (dont le développement est en cours d'achèvement au Centre IRD de Bamako). Les résultats sont mis sous forme de pages Web (.html) à Bamako puis envoyés à l'IRD-Orleans où ils sont intégrés à un site Web hébergé sur un serveur. Le site Web, qui contient actuellement 360 pages de données et résultats, est consultable sur Internet à l'adresse www.orleans.orstom.fr/ext/pecheden. Des copies sont régulièrement diffusées sur CD-rom aux partenaires locaux. *Il est prévu que le site soit hébergé sur un serveur de la recherche au Mali dès qu'il en existera un de vraiment opérationnel* (avec ligne spéciale et fonctionnant 24h sur 24)

L'observatoire a bénéficié des soutiens de l'IRD (surtout pour les deux années de lancement), de l'IER (fonds PNRA), de l'OPM (agents et moyens de terrain), et des conventions internationales SIMES (U.E.) et WiseDev (B.M.), pour lesquelles il constitue une "application pilote".

Il est prévu que l'observatoire se développe par l'adjonction d'une quatrième zone de suivi, par l'adjonction d'un module d'enquête annuelle sur les stratégies micro-économiques d'un échantillon de ménages, par une meilleure présentation des résultats visant à intégrer au site Web les statistiques OPM de la digue de Mopti, par une diffusion annuelle du site Web sous forme de CD auprès des services techniques non desservis par le net.

²³ Centre Régionale de Recherches Agronomiques (IER)

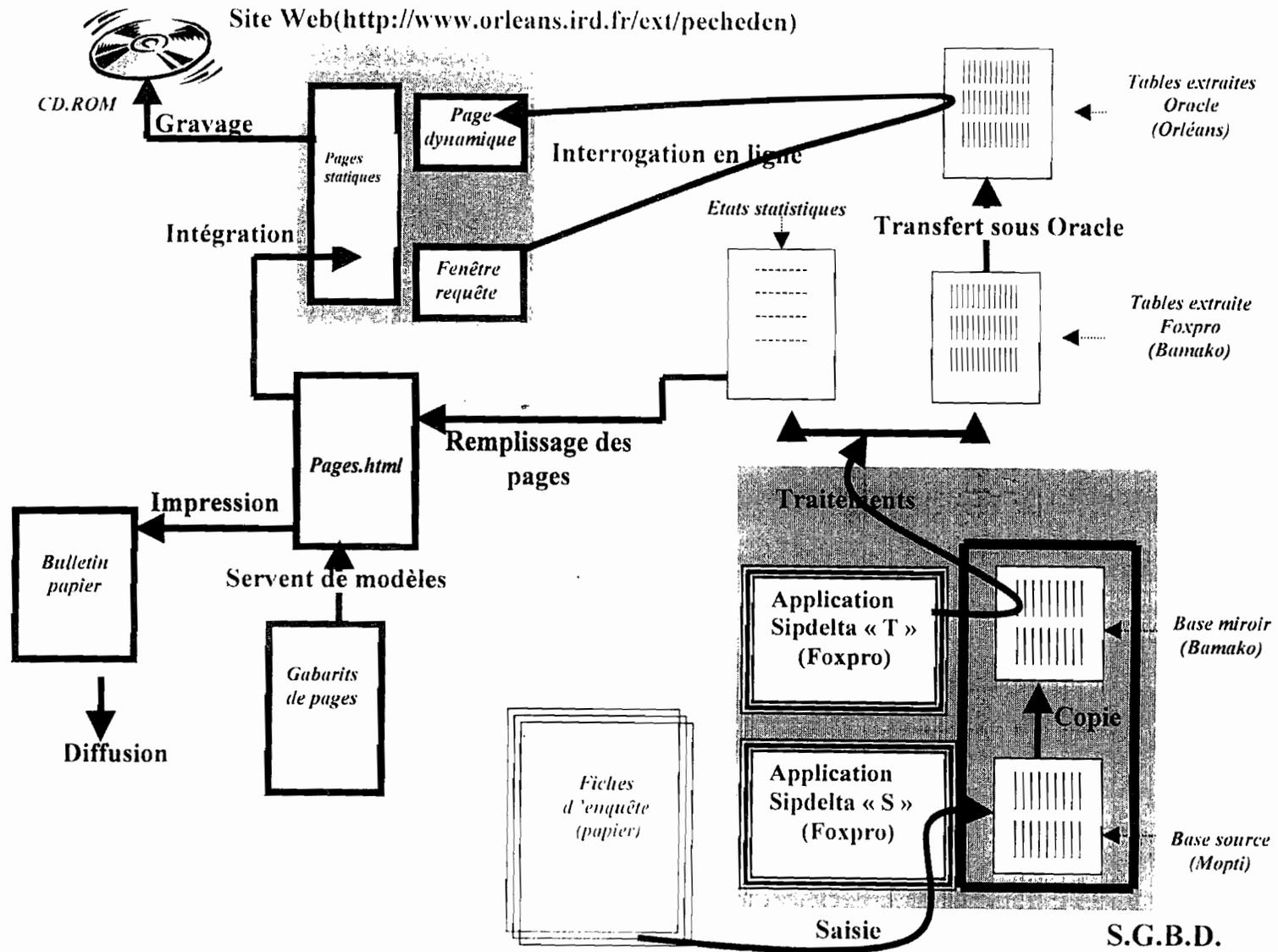


Figure 3.2 : Le prototype de système d'information actuellement opérationnel pour l'Observatoire de la Pêche

3.3. Animations scientifiques réalisées

- **Les réunions du groupe CERDIN**

Le groupe CERDIN se réunit régulièrement au CNRST pour mobiliser les scientifiques (chercheurs des institutions de recherche maliennes et ingénieurs des Directions Nationales) autour des thèmes concernant la Zoner Atelier. L'année 1999 fut l'année de démarrage des opérations de recherche d'avant-projet (huit sont en cours), de définition des projets de recherche monodisciplinaire pour le futur projet de développement, la formation sur les outils de recherche cognitive. Les sujets traités furent entre autres :

- la modélisation intégrée et notion de maquette (par M. KUPER et D. ORANGE, IRD / Bamako),
- simulation, scénarios et prévision ? (par M. KUPER, IRD / Bamako)
- le réseau ROSELT (par J.M. D'HERBES, IRD / Montpellier),
- visite commentée du site OHRAOC (par M. GAUTIER, IRD / Ouagadougou),
- le rôle de AGRHYMET et ABN (par D. ORANGE, IRD / Bamako),
- de nombreuses réunions ont concerné la rédaction du document de cadrage et d'identification du futur projet EIDES.

- **L'atelier "SIG-Observatoire" (Bamako, 6-10 avril 1999)**

A la demande du groupe CERDIN, un atelier de *formation aux concepts, méthodes et outils utiles à la construction des SIE* (Systèmes d'Information Environnementale) a été organisé à Bamako dans le cadre de ZADIN. Cet atelier²⁴ a été co-organisé par P. MORAND (IRD) pour la partie « Observatoire » et MF. COUREL (PRODIG, Univ. Paris I) pour la partie « SIG ». l'organisation logistique ayant été assurée par le LECOM²⁵ (IRD) et le Laboratoire SEP²⁶ (IER). Quinze scientifiques ont bénéficié de cette formation, représentant trois institutions de recherche (ENSUP, CNRST, IER/SEP, IER/SPGRN, IER/PRH, IER/PSI) et 3 directions nationales (DNH, DNM, DNCT).

- **L'atelier de "finalisation des opérations de recherche" (Bamako, 23-24 mars 1999)**

Cet atelier avait pour objectif de regrouper pendant deux jours les chercheurs du groupe CERDIN pour définir, structurer et organiser les opérations de recherche qui seraient nécessaires et pertinentes à réaliser dans le cadre d'un futur projet de développement dont ce document donne l'identification et le cadrage. Dix scientifiques (représentant 2 directions nationales et 5 institutions de recherche)²⁷ ont pu se libérer et participer activement à ces deux journées de réflexion.

Le principe de cet atelier fut d'établir un dialogue entre les chercheurs d'une même discipline et entre les groupes de chercheurs de disciplines différentes, afin d'assurer les liens (ou articulations) entre les différentes opérations de recherche à définir. Les deux journées ont

²⁴ cf programme en annexe

²⁵ Laboratoire des Eaux Continentales au Mali, Centre IRD, Bamako

²⁶ Laboratoire Sol-Eau-Plantes, Centre de Sotuba (Bamako), IER

²⁷ DNH, DNM, IER, CNRST, ISFRA, ENSUP, IRD

donc alterné séances plénières et séances de travail par groupe thématique (groupe A : *Eau* ; groupe B : *Ressources* ; et groupe C : *Systèmes de production*), selon les orientations de ZADIN.

Le groupe A (*Eau*) a listé 8 indicateurs fonctionnels utiles à l'observatoire et 15 opérations de recherche se répartissant en trois axes de recherche (tableau 3.2). Le groupe B (*Ressources*) a listé 19 indicateurs et 23 opérations de recherche se répartissant selon 8 axes de recherche (tableau 3.2). Le groupe C (*Systèmes de production*) a listé 7 opérations de recherche sans pouvoir définir les indicateurs dans l'état actuel de la réflexion (tableau 3.2).

Rappelons que le séminaire international GIRN'DIN de juin 2000 devrait permettre de finaliser cette liste exhaustive des opérations de recherche à réaliser.

Tableau 3.2 : Axes de recherches prédéfinies par l'atelier « finalisation des opérations de recherche » du groupe CERDIN (Bamako, les 23-24 mars 1999)

Groupe thématique	Axes de recherche	Indicateurs ou paramètres associés
A	Impact des aménagements sur la disponibilité en eau	Débit, Hauteurs d'eau, Vitesses
A	Impact de la variabilité climatique sur la disponibilité en eau	Débit, Hauteurs d'eau, Vitesses, Pluie (intensité, fréquence), Dates arrivée des pluies et de la crue
A	Impact de la disponibilité en eau sur l'inondation	Niveau piezzo, Hauteurs d'eau, Spatialisation
B	Inventaire du milieu et des ressources	Productivité, abondance, Répartition spatio-temporelle
B	Dynamique de l'érosion	Indice climatique, Répartition des zones d'exploitation, Quantification des pertes en terre
B	Dynamique des transports de matières solides	Comblement, Dégradation des berges, Turbidité de l'eau, Déplacement des bancs de sable, Propriétés des sédiments
B	Dynamique de la qualité de l'eau et alerte pollution	Nutriments, Pollution
B	Dynamique de l'utilisation du milieu par le monde vivant	Répartition des espèces, Dynamique de production
B	Dynamique de la végétation par rapport à l'inondation	Répartition des espèces végétales Télé-détection
B	Dynamique de répartition des systèmes de production	Répartition des lieux d'exploitation
B	Contribution du delta aux cycles biogéochimiques	Flux, processus
C	Impact de la disponibilité en eau sur l'inondation	
C	Impact de la disponibilité en eau sur la dyn des syst. d'exploitation	
C	Impact des systèmes de production sur les ressources et la biodiversité	

A : groupe *Eau* ; B : groupe *Ressources* ; C : groupe *Systèmes de production*

- **Présentation de la maquette de modélisation intégrée (Bamako, 5 mai 1999)**

Si le premier objectif d'une modélisation d'un système complexe est de représenter des relations spatiales et temporelles entre les différents niveaux d'organisation et donc de formaliser des emboîtements d'échelles multiples, c'est aussi de permettre d'anticiper les dynamiques des systèmes étudiés, afin, par exemple, de contrôler les impacts d'une stratégie de gestion, et donc, en dernière étape, de permettre l'implication des différents acteurs et en

particulier la conviction des décideurs. *Le modèle intégré doit donc pouvoir représenter la dynamique du système et créer un espace de concertation entre les acteurs : c'est un outil de communication.*

C'est dans ce sens que le 5 mai une équipe du projet GIHREX²⁸ a organisé à Bamako une journée de présentation de la maquette de modélisation intégrée du delta intérieur du Niger (MIDIN). Il s'est agi de présenter cette maquette, le matin aux représentants du monde scientifique, l'après-midi aux représentants des producteurs, développeurs, décideurs et bailleurs. Ce fut l'occasion, outre de faire reconnaître l'hydrosystème du delta comme une *unité de gestion intégrée*, d'entamer la discussion entre les partenaires potentiels d'un futur observatoire environnemental du delta, et pour les chercheurs GIHREX de noter les remarques, observations et critiques pour corriger la maquette afin de mieux répondre aux attentes des acteurs dans une phase ultérieure.

Le succès de cette journée suffit à prouver que la maquette de modélisation intégrée représente bien un outil de concertation entre des acteurs aussi différents que les chercheurs, les décideurs ou les producteurs, en créant une plate-forme de discussion effective.

- **Voyage d'étude dans le delta intérieur du Niger : réalités des contraintes du milieu naturel et de la demande sociale régionale (Mopti, 21-24 juillet 1999)**

Dans le cadre de son projet 6.1 « *Processus Hydrologiques et Gestion de l'Eau dans les Zones Tropicales Humides et les autres Régions Chaudes Humides* » du Programme Hydrologique International (PHI-V), l'UNESCO a accordé un support de financement au groupe scientifique CERDIN pour organiser dans le cadre du projet de la Zone Atelier du Delta Intérieur du Niger, et avec la participation du projet GIHREX (IRD), un voyage d'étude dans le delta afin de :

- présenter les réalités du milieu naturel et de la demande sociale sur le terrain.
- assurer une première articulation entre les demandes des décideurs et des utilisateurs-exploitants avec les apports possibles de la recherche,
- présenter les outils de concertation mis à disposition : la maquette de modélisation intégrée, l'observatoire.
- rassembler des chercheurs ou ingénieurs appartenant à différentes institutions de recherche ou directions nationales du Mali pour identifier les opérations de recherche thématiques et les collaborations multidisciplinaires à caractère recherche-développement nécessaires à la réalisation et au fonctionnement effectif d'un *Observatoire Socio-Écologique du Delta* (OSED).

Ce voyage a été très largement suivi par l'ensemble du collectif CERDIN. Ont participé :

- 20 cadres supérieurs scientifiques de Bamako (4 CNRST, 2 Directions Nationales, 1 Programme National, 6 Ecoles Supérieures, 5 IER, 2 IRD),
- 20 cadres supérieurs du CRRA de l'IER-Mopti,
- 21 cadres supérieurs de l'environnement travaillant à Mopti et sa région (le Conseiller au Développement du Gouvernorat, 11 représentants de Directions Régionales, 9 représentants d'organisation d'utilisateurs),
- 11 personnes assurant l'organisation, dont 4 chercheurs de l'IRD et 2 chercheurs de l'IER-Mopti.

²⁸ M. Kuper, C. Mullon, D. Orange, Y. Poncet

Ce voyage, organisé par le LECOM (IRD-Bamako), a été réalisé sous la responsabilité administrative du CNRST. Le CRRA de l'IER-Mopti a pris en charge l'organisation de l'atelier dans ses bureaux à Mopti. L'animation de ces 4 jours a été assurée par D. Orange (IRD).

Le programme des ces 4 journées était organisé autour de 4 points forts :

1. Un voyage en car pour susciter la convivialité entre chercheurs maliens autour d'une volonté commune d'action de recherche pluridisciplinaire intégrée.
2. Une matinée de rencontre entre les chercheurs et les autres acteurs de l'environnement de la région de Mopti autour d'une présentation d'outils de transferts des résultats de la recherche (modélisation intégrée, observatoire).
3. Une après-midi de réflexion sur les modalités et contraintes pour la réalisation d'un projet de recherche intégré.
4. Une visite sur le terrain pour la rencontre des réalités du terrain (réalités sociales, réalités éco-bio-physiques) et pour l'échange des connaissances entre les thématiciens en relation directe avec l'objet à observer (visite du site d'étude GIHREX de Batamani).

Le premier pas vers la reconnaissance du delta, par les institutions régionales, comme une unité de gestion intégrée nécessitant la concertation entre les acteurs vient d'être fait à l'occasion de cette visite. Outre avoir pu renforcer les liens avec les partenaires régionaux du Cercle de Mopti, ces journées ont été l'occasion de rappeler aussi tous les intérêts conjoints avec le Cercle de Gao : le delta est bien une zone d'échanges, de transferts de matières, de personnes, d'informations entre le Sud et le Nord du Mali... Enfin, les concepts de communication, concertation, échanges de l'information environnementale liés à la modélisation intégrée et l'observatoire ont été admis, du fait que ces outils ont effectivement su créer la discussion entre les participants dans la convivialité.

Chapitre 4 Etat-d'opérationnalité des activités

Les partenaires institutionnels constitutifs du groupe CERDIN aujourd'hui opérationnels²⁹ sont : le CNRST, l'IER (Bamako, Sotuba, Mopti, Gao), l'ENI (hydrologie et télédétection), l'IPR-IFRA, l'ENSUP (géographie physique et géographie humaine), l'Université des Sciences (FAST pour la qualité des eaux), la DNH, la DNM, la DNAER.

Le tableau 4.1 liste les partenariats effectifs entre institutions du nord et du sud pour les 5 grands axes de recherche en cours. Ces partenariats sont opérationnels et pourraient être développés dans le cadre du futur projet de développement.

Tableau 4.1 : Inventaire des partenariats et collaborations du sud et du nord

Activités de recherche	Partenaires du sud	Partenaires du nord	Projets	Bailleurs
Quantifier l'impact de la crue sur la génération de la ressource	DNH, DNM, IER (PRH, SPGRN), ENI, IPR-IFRA, Agrhymet (Niamey)	IRD (Bamako, Orléans, Marseille, Montpellier), CEMAGREF (Montpellier), CESBIO (Toulouse)	GIHREX, ZADIN	IRD, GIP-Hydrosys., MFC-Bamako
L'exploitation et le partage de la ressource	IER (PRH, SPGRN), ENSUP, ISFRA	IRD (Bamako, Orléans), Univ. de Rouen	GIHREX, ZADIN	IRD, GIP-Hydrosys., MFC-Bamako
Développement de la maquette d'un modèle intégré	IER (PRH, SPGRN, SEP)	IRD (Bamako, Orléans)	GIHREX, ZADIN	IRD, GIP-Hydrosys., MFC-Bamako
Construction d'une base de connaissance interactive	DNH, DNM, DNAMR, IER	IRD (Bamako, Orléans)	GIHREX, ZADIN, SIMES	IRD, GIP-Hydrosys., CEE / BM
Construction d'un observatoire et définition des interfaces	ME, IER (PRH, SPGRN, SEP)	IRD (Bamako, Orléans), PRODIG (Univ. Paris I)	GIHREX, ZADIN, SIMES	IRD, GIP-Hydrosys., CEE / BM

DNH : Direction Nationale de l'Hydraulique ; DNM : Direction Nationale de la Météorologie ; IER : Institut d'Economie Rurale ; PRH : Programme de Recherche en Hydrobiologie ; SPGRN : Sous-Programme de Gestion des Ressources Naturelles ; SEP : laboratoire Sol-Eau-Plantes ; ME : Ministère de l'Environnement ; MFC : Mission Française de Coopération

• Les réseaux d'observation

Il existe de nombreux dispositifs d'observation de l'environnement englobant la région du delta (notamment hydrologique, climatique), qui sont maintenus soit par les services techniques nationaux (respectivement, les Directions Nationales de l'Hydraulique et de la Météorologie), soit par l'IRD ("*veille EQUANIS*" sur les transports dissous et solides du fleuve Niger, par exemple). L'un des objectifs de l'observatoire OSED décrit ci-dessus est bien d'offrir à l'utilisateur la possibilité de rapprocher les informations issues de ces différents dispositifs.

Rappelons ici pour mémoire l'*Observatoire de la Pêche* déjà décrit.

²⁹ Opérationnalité définit à partir de l'engagement d'au moins un des membres de l'institution à au moins une réunion du groupe CERDIN.

Il existe également un réseau de veille hydrologique à vocation régionale, le réseau *Hydroniger*. Ce réseau est le plus ancien réseau de collecte de données en temps réel en Afrique de l'Ouest à vocation régionale. Il fonctionne depuis 1984 et utilise la transmission ARGOS, matériel maintenant ancien et dont la maintenance pose de plus en plus de difficultés. Ce réseau alimente un système de prévision hydrologique opérationnel au bénéfice des pays riverains du fleuve Niger regroupés au sein de l'*Autorité du Bassin du Niger* (ABN). Il a été mis en œuvre et géré de 1983 à 1991 dans le cadre d'une coopération internationale associant outre les pays membres de l'ABN, le PNUD, l'OPEP et l'OMM. Depuis 1992, ce programme est financé uniquement par les contributions des pays membres. L'importante restriction des crédits alloués, qui en a résulté, ne permet plus un fonctionnement normal de ce réseau. Mais le futur projet AOC-HYCOS (*Hydrological Cycle Observing System*, supporté par la BM) prévoit de remobiliser ce réseau³⁰.

Un autre réseau d'observations environnementales à vocation sous-continentale (circum-saharien) est en cours de mise en place opérationnelle depuis 1999 : il s'agit de *ROSELT*, Réseau d'Observatoires de Surveillance Ecologique à Long Terme, dont un observatoire est Bourem (site situé au Nord du Delta au Mali). Le delta intérieur du Niger devrait être un futur observatoire ROSELT (à l'orée 2000). ROSELT est l'un des programmes clef de l'*Observatoire du Sahara et du Sahel* (OSS). Ses objectifs sont (1) d'améliorer les connaissances de base sur le fonctionnement et l'évolution à long terme des systèmes écologiques et agro-écologiques et sur la co-viabilité des systèmes écologiques et des systèmes sociaux ; et (2) de contribuer à rendre les connaissances utilisables par le regroupement, le traitement des données et leur mise à disposition, par l'identification d'indicateurs et de produits finalisés.

- **Implications institutionnelle et gouvernementale**

Dès 1991, l'Etat malien s'est impliqué dans le type d'approche environnementale globale décrite dans ce document en votant le *Schéma Directeur de mise en valeur des ressources en eau du Mali* (plans quinquennaux 1992-96 et 1997-2001), où il est souligné que l'objectif majeur est : « *la couverture totale des besoins en eau sur le principe d'une approche globale en mobilisant notamment les populations bénéficiaires* ». Par ailleurs, il préconise la mise en place de stratégies spécifiques pour l'écosystème du delta intérieur, selon le projet national A07 (projet prévu sur 4 ans avec un coût total de 1.700.000.000 Fcfa).

L'année 1999 aura été une année forte pour la prise de conscience politique au Mali de l'importance d'une gestion environnementale intégrée des écosystèmes du bassin du fleuve Niger, dont le delta intérieur. En effet, après avoir créé le Ministère de l'Environnement en 1998, l'Etat a organisé cette année :

³⁰ Le concept d'*Observatoire Hydrologique Régional en Afrique de l'Ouest et Centrale* (OHRAOC) est apparu dans la première étude demandée par la Banque Mondiale concernant la faisabilité du projet AOC-HYCOS en 1992. Ce projet d'observatoire s'est concrétisé en 1995 au sein d'un grand programme de recherche IRD (ex ORSTOM) classé dans les programmes du réseau international FRIEND (*Flow Regimes from International Experimental and Network Data*, PHI-UNESCO). Depuis 1998, 36 stations hydrologiques sont suivies en temps réel et 9 sont acquises en temps différé, par des moyens de transmission classique ; cela couvre 12 pays. Ces informations nourrissent des pages Web mises à jour à Ouagadougou (BurkinaFaso) et hébergées sur le serveur local de l'IRD au Burkina Faso (<http://ohraoc.orstom.bf>) et sur un serveur internet de l'IRD à Montpellier (www.mpl.orstom.fr/ohraoc), en attendant que les pays membres de OHRAOC soient équipés des infrastructures technologiques nécessaires. Les pages offrent notamment la visualisation des débits en temps réel ou sur des chroniques historiques à la demande. Le fonctionnement actuel était totalement pris en charge par l'IRD.

- un *colloque international sur la Sauvegarde du Fleuve Niger* (Bamako, 5-7 avril 1999),

Le Colloque « *Sauvegarde du fleuve Niger : Vers une gestion globale et durable des ressources du bassin du fleuve Niger* » a été organisé à l'initiative du Gouvernement du Mali et de l'Autorité du Bassin du Niger, avec l'appui du PNUD et de l'ONU-DAES, et la participation financière des Pays-Bas. Il a réuni les représentants des 8 pays du bassin du Niger, des représentants d'organisations régionales et internationales (ABN, CILSS, ONU-DAES, PNUD, OMM, PAM), des représentants des partenaires au développement et bailleurs de fond (BAD, BM, FEM, France, Pays-Bas, Allemagne), des représentants des usagers, ONG et offices de développement. Il a donné lieu à la signature d'une « *Déclaration de Bamako* », qui promouvoit l'urgence d'actions à mener pour la « *connaissance et la restauration des écosystèmes en apportant un intérêt particulier au delta intérieur du Niger et au Massif du Fouta Djallon* » (fin de citation) : les conclusions sont données en annexe de ce document. Notons que ce colloque fut l'occasion de présenter la démarche du groupe CERDIN.

- une *table ronde sectorielle sur le financement de l'Environnement* (Bamako, 27-29 mai 1999),

La *Table Ronde sectorielle sur le financement de l'Environnement* s'inscrit dans la logique de la Table Ronde sur le Mali tenue à Genève en 1994. Elle a été organisée sous l'égide du Ministère des Affaires Etrangères et des Maliens de l'Extérieur. Quatre programmes environnementaux, qui constituent le plan d'action prioritaire minimum du gouvernement malien, ont été proposés :

- A. le programme de gestion des ressources naturelles.
- B. le programme de maîtrise des ressources en eau.
- C. le programme d'amélioration du cadre de vie.
- D. le programme de gestion de l'information environnementale.

Nos travaux (spécifiques à la zone delta) ont été associés à la réflexion des volets B et D au niveau national. L'ensemble des actions proposées ont été publiées dans un rapport post-séminaire par le gouvernement malien.

Enfin, en août 1999, le gouvernement malien a créé les structures d'une future *Agence de Bassin du Niger*.

Ces actions sont fortement relayées par la presse nationale.

• Implication de l'UNESCO

Au-delà du soutien ponctuel du volet *Zones Humides* du PHI (UNESCO, Nairobi), la Division SC/PAO³¹ du secteur des Sciences de l'UNESCO (Paris) suit nos travaux depuis mars 1998, intéressée par l'implication de la recherche dans des actions de développement. Ce document d'identification et de cadrage leur est destiné.

³¹ Sciences / Policy Analysis and Operation, responsable : M. El Tayeb

Chapitre 5 Bilan financier 1999

Le GIP-Hydrosystème a délégué 140 kF en 1999 à l'IRD (responsable : JC. Olivry, Montpellier) pour la première phase sur les 200 kF arbitrés pour deux ans (1999-2000) pour le fonctionnement de la zone atelier. Il reste donc 60 kF à déléguer en 2000.

Sur les 140 kF délégués, 120 kF ont été transférés au Centre IRD de Bamako sous la responsabilité de D. Orange, également coordinateur du projet GIHREX. Les 20 kF restant sont restés sous la responsabilité de JC. Olivry à Montpellier et ont financé un voyage de coordination en octobre 1999 à Bamako et divers petits achats de consommables.

5.1. Etat budgétaire

• Formation SIG/Observatoire		36 226.25 FF
Avion + p.d. pour 3 missionnaires de France	27 663 FF	
p.d. stagiaires (16) à Bamako	4 960 FF	
location groupe électrogène	333.25 FF	
frais secrétariat	2 620 FF	
location rétroprojecteur	650 FF	
• Visite pluridisciplinaire sur le delta		22 306.36 FF
p.d. pour 19 missionnaires	8 947.80 FF	
location car + carburant	6 793 FF	
location multimédia	3 750 FF	
location salle	1 500 FF	
avion Mopti-Bamako (x3)	1 315.50 FF	
• Atelier de finalisation		2 550 FF
p.d.	2 417.50 FF	
papeterie	132.50 FF	
• Opération de recherche		49 949 FF
Stratégies des agriculteurs (ISFRA)	10 000 FF	
Spatialisation des données météo (ENI, DNM)	6 000 FF	
Renouvellement des espèces halieutiques (IER)	10 000 FF	
Lutte contre les rongeurs (CNRST)	8 000 FF	
Identification des indicateurs (IRD, PNAE)	5 676 FF	
Sédimentation dans les lacs (DNH)	10 273 FF	
• Divers		8 968 FF
p.d.	1 250 FF	
carburant	3 560 FF	
avion Bamako-Paris (coordination janvier 2000)	4 158 FF	
• TOTAL		119 999.55 FF

5.2. Analyse brève

- 50 kF, soit 42 % du budget délégué à Bamako, ont été dépensé spécifiquement sur des opérations de recherche aux bénéficiaires des partenaires du Sud de la zone atelier.

- La formation SIG/Observatoire et la visite pluridisciplinaire, qui ont mobilisé près de 60 kF (soit 50 % du budget) étaient une exigence forte importante du groupe, aussi bien pour la poursuite d'actions de recherche pertinentes et efficaces que pour l'intégration de ces activités dans le tissu national malien.

- On peut remarquer que sur cette première phase (année 1999) aucun investissement en matériel n'a pu être effectué. Cela est envisagé sur la deuxième phase (année 2000) par l'achat d'une unité informatique performante pour l'analyse d'image satellite et l'utilisation de la modélisation intégrée (40 kF d'investissement).

Chapitre 6 Les besoins financiers en 2000

La deuxième année de la ZADIN (année 2000) correspond aussi à la dernière année du projet GIHREX. C'est donc une année charnière vers notamment une nouvelle organisation des financements de la recherche de cette zone atelier pour la réalisation future d'un observatoire environnemental, observatoire dont la nécessité est maintenant bien perçue par les instances de décision du Mali (création de l'Agence de Bassin du Niger au Mali en août 1999, etc.). Par ailleurs, les chercheurs du projet GIHREX avec ceux du groupe CERDIN organisent en juin 2000 à Bamako un séminaire international sur la gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales (cf. annexe). Ce rendez-vous doit être le temps fort de toute la démarche intégrée et intégratrice pluridisciplinaire et pluri-acteurs mobilisée à la fois par le projet GIHREX et par les orientations caractéristiques d'une *zone atelier*.

Cette année 2000 est donc particulièrement importante pour la suite des opérations de recherche de la ZADIN. Les priorités d'action sont les suivantes :

- des opérations de recherche nécessaires à la construction de scénarios pour les simulations de la maquette de modélisation intégrée du delta intérieur du Niger.
- des opérations de recherche nécessaires à la construction des banques de données évolutives.
- une école d'hiver sur la maquette MIDIN.
- une thèse sur le suivi de la dynamique d'inondation à partir d'imagerie NOAA décadaire.

6.1. Descriptif des actions de recherche à mener en 2000

Le tableau 6.1 liste les opérations de recherche déjà engagées et à financer sur le budget du GIP-Hydrosystème prévu en 2000.

Tableau 6.1 : Quelques opérations de recherche engagées de la zone atelier ZADIN et financées par le GIP-Hydrosystème

Titre des Opérations de Recherche de ZADIN	Montant (kF)	Chercheurs impliqués ³²
Gestion des pâturages et des conflits liés à l'utilisation des ressources naturelles dans le Djennerie	10	Amadou KODIO (IER)
Suivi mensuel des transports de MES dans le DIN	5	Navon CISSE (DNH) Didier ORANGE (IRD)
Stratégies des acteurs pour la gestion de l'espace autour du Lac Télé (Goundam)	7	Diana TOGOLA (ENSUP)
Identification et structuration d'une liste d'indicateurs de l'environnement et du développement durable pour le DIN	5	Pierre MORAND (IRD) Djériba TRAORE (PNAE ³³)
Etude préliminaire de la sédimentation dans les lacs Débo et Aougoundou (DIN)	10	Samuel DIARRA (DNH) Didier ORANGE (IRD)
Caractérisation et suivi de la dynamique de l'inondation et du couvert végétal dans le delta intérieur du Niger (Mali) par télédétection	20	Adama MARIKO (ENI)

³² signification des sigles en annexe

³³ ancien Programme National d'Action Environnementale, Ministère de l'Environnement

On propose ci-dessous quelques précisions concernant les problématiques scientifiques dans lesquelles les opérations de recherche citées ci-dessus s'intègrent.

- **Suivi de l'inondation en temps réel par imagerie satellitaire**

Dans le cadre d'une collaboration IRD / Agrhymet, une action de recherche concernant le suivi de l'inondation du delta intérieur en temps réel (ou légèrement différé entre 10 et 15 jours) par imagerie satellitaire est engagée (1999 – 2001) par l'intermédiaire de la réalisation d'une thèse en alternance (financée par la Mission Française de Coopération de Bamako) d'un chercheur de l'ENI (Ecole Nationale d'Ingénieur, Bamako) membre de CERDIN, auprès de l'Université de Montpellier³⁴. Les opérations de recherche seront les suivantes :

- i. Cartographie géoréférencée à grande échelle des objets hydrologiques du Delta à l'aide des images LANDSAT ;
- ii. Etude de l'inondation dans le Delta (crue et décrue) pour une année calendaire type à l'aide des images NOAA ;
- iii. Etude de l'impact de la crue sur les ressources végétales (fourrage, surface cultivée) ;
- iv. Mise au point d'un modèle hydraulique qui prévoit le débit et la hauteur d'eau à l'entrée du Delta en fonction du débit dans le haut bassin du Niger/Bani ;
- v. Développement d'un modèle hydrologique, qui prévoit la superficie inondée en fonction du débit/hauteurs d'eau à l'amont du delta.

- **D'un modèle de comportement à un modèle de stratégie**

Dans le delta, il existe environ 200 000 ménages, qui participent souvent à plusieurs activités professionnelles (pêche, agriculture, élevage). Ces ménages ou « *Unités de Production et de Consommation* » (UPC) prennent des décisions concernant le choix d'activité (agriculture, pêche, élevage ou autre), la durée de l'activité, le choix de sites (parcelles, sites de pêche, trajet dans l'espace et dans le temps pour l'élevage), et l'utilisation de leur effectif. Ces décisions sont basées d'une part, sur les stratégies des ménages, le fonctionnement des marchés et d'autre part, sur les droits d'exploitation (pêche/pâturage/culture). Les allocations de droits sont gérées par des « *Instances de Négociation et d'Arbitrage* » (INA), souvent traditionnelles, et ces instances sont aussi appelées en cas de conflit.

Afin de comprendre la dynamique des stratégies d'exploitation des ressources du delta, pour en final la réalisation d'un modèle de stratégie, les opérations de recherche suivantes sont proposées :

- i. Développement d'une typologie des unités de production et consommation (UPC) dans le Delta concernant leur stratégies, comportements, décisions ;
- ii. Modélisation micro-économique des UPC dans le Delta ;
- iii. Analyse des conflits et leur résolution par des instances de négociation et arbitrage ;
- iv. Analyse et modélisation macro-économique des transferts et marchés dans le Delta.

³⁴ thèse de Adama Mariko, sous la direction de Eric Servat, et co-encadrée par Gil Mahé et Didier Orange

- **Actualisation des connaissances sur l'agro-sylvo-pastoralisme dans le delta**

L'actualisation des connaissances par l'agrégation des informations environnementales à la base de connaissance existante reste bien sûr une priorité du projet. Il faut donc prévoir les opérations de recherche suivantes :

- i. Revue bibliographique sur l'agro-sylvo-pastoralisme dans le delta ;
- ii. Actualisation des connaissances ;
- iii. Suivi et évaluation des bases de données.

- **Construction de scénarios et développement de la maquette de modélisation intégrée**

La maquette de modélisation intégrée existant déjà, elle servira dès le début du projet de plate-forme de discussion et concertation entre les différents acteurs (producteurs, gestionnaires, décideurs, bailleurs. ... et les chercheurs). Elle permettra la réalisation des opérations de recherche suivantes :

- i. Construction de scénarios : par exemple, définition et simulation de scénarios de régimes hydrologiques, d'événements externes (prix, marchés) pour l'étude de leur impact sur les allocations des ressources en eau/terrestres et les migrations ;
- ii. Développement de la maquette de modélisation intégrée ;
- iii. Développement de modèles intégrés (plusieurs versions) : modules, interface, connexion avec base de données, connexion avec SIG, ... ;
- iv. Développement d'un guide d'utilisateurs de la maquette ;
- v. Évaluation de l'utilité de la maquette de modélisation intégrée comme plate-forme de discussion et négociation.

Notons que la valorisation de la maquette de modélisation intégrée sera un processus continu tout au long du projet.

- **Construction et développement d'un observatoire pour la gestion des milieux et des ressources**

La valorisation de la maquette de modélisation intégrée participera à la mise en place de l'observatoire socio-écologique du delta (OSED), une structure légère et durable pour une meilleure gestion du Delta. Aussi, on peut citer les opérations de recherche suivantes :

- i. Développement et construction des indicateurs ;
- ii. Développement d'un SIG couvrant l'ensemble du delta, lié à la base de connaissances ;
- iii. Mise à jour automatique des variables dynamiques du delta (par exemple l'hydrogramme à l'entrée du delta).

6.2. Descriptif des activités de support à la recherche à mener en 2000

- ***l'Ecole d'Hiver* : remise de la maquette de modélisation intégrée (Bamako, mi-février 2000)**

La version *béta* de la maquette sera présentée et remise à quelques utilisateurs potentiels lors d'un atelier de formation à son utilisation, appelé *Ecole d'Hiver*, en février 2000 à

Bamako. Ces utilisateurs auront pour charge de la tester en évaluant la significativité des indicateurs proposés (et en définissant d'autres) et en construisant des scénarios pour la réalisation des simulations. Un retour des commentaires, critiques, suggestions est attendu pour le mois d'avril, afin de pouvoir mettre à jour une version 1.0 de la maquette pour une présentation et remise en juin 2000 lors du séminaire international GIRN-ZIT à Bamako. Lors de cette école, une analyse de la réactivité des participants sera effectuée par une sociologue. Il s'agit bien de réunir un groupe de professionnels pour participer à la validation de la modélisation intégrée réalisée par l'équipe GIHREX, puis de discuter entre tous (invités et organisateurs) de la démarche de modélisation intégrée par notamment la construction ensemble de scénarios de simulation.

- **Le séminaire GIRN-ZIT : Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales (Bamako, 19-23 juin 2000) :**

Mettre en place une structure opérationnelle pour une gestion durable des grands hydrosystèmes constitue un défi scientifique, technologique et politique majeur. L'intensité des interactions entre les multiples pressions d'usages exercées sur l'eau et sur les ressources vivantes associées est patente. Aussi, la nécessité d'une « *gestion intégrée* » fonctionnant sur la base de critères et d'objectifs pluri-sectoriels est actuelle. Cependant, les outils nécessaires à cette gestion intégrée font souvent défaut. Ils sont de types institutionnel, scientifique et technologique, et leur mise en place doit mobiliser l'ensemble des acteurs impliqués par la gestion des ressources naturelles.

Le séminaire international GIRN-ZIT, organisé conjointement par le groupe CERDIN et le projet GIHREX (IRD) dans le cadre de ZADIN, a pour objectif d'amener les différents acteurs internationaux concernés par la *Gestion Intégrée des Ressources Naturelles en Zones Inondables Tropicales*, à partager leurs expériences autour des 3 thèmes réalisant le continuum recherche & développement, allant des contraintes liées à la structuration de la société humaine aux développements d'outils de mise à disposition d'une information environnementale efficace, en passant par les sciences de l'environnement (de la connaissance des processus naturels aux stratégies d'exploitation).

Le thème 1 concerne le cadrage de la problématique socio-économique et politique de la GIRN dans les zones inondables tropicales. *Le thème 2* visera à établir un bilan des connaissances sur les réalités de fonctionnement de ces socio-écosystèmes, depuis les processus d'édification des ressources naturelles jusqu'aux stratégies d'exploitation déployées par les usagers. *Le thème 3* abordera la question des interfaces d'échange pour la diffusion de l'information environnementale, outils développés par la recherche pour soutenir la GIRN.

6.3. Demande budgétaire 2000 pour les activités de recherche directement liées à la ZADIN

Les lignes budgétaires marquées d'un astérisque correspondent à des actions déjà débutées et dont les dépenses sont à engager. Elles représentent un total de 82 kF, soit 22 kF de plus que la dotation encore attendue et prévue.

De plus, du fait du succès de la démarche de *zone atelier* auprès de nos partenaires, nous demandons un apport supplémentaire de 90 kF, qui représentent ce que idéalement les actions de la zone atelier auraient besoin. On a tenu à l'indiquer ici afin que le Comité

Scientifique du GIP-Hydrosystème puisse attribuer une enveloppe budgétaire plus importante que prévue si possibilité il y avait.

En conclusion, la demande budgétaire pour l'année 2000 de la Zone Atelier du Delta Intérieur du Niger est de 172 000 FF, selon la répartition suivante :

• Opération de recherche		57 000 FF
Gestion des pâturages (IER)	10 000 FF	*
MES, indicateur de qualité (DNH)	5 000 FF	
Gestion de l'espace d'un lac d'inondation (ENSUp)	7 000 FF	*
Identification des indicateurs (IRD, PNAE)	5 000 FF	*
Sédimentation dans les lacs (DNH)	10 000 FF	*
Inondation et télédétection (ENI)	20 000 FF	
• Ecole d'Hiver « modélisation intégrée »		45 000 FF
Avion + p.d. pour 3 missionnaires de France	30 000 FF	
Locations, organisation	5 000 FF	
Expertise communication	10 000 FF	*
• Atelier de coordination et restitution (juin 2000)		20 000 FF
Avion + p.d. pour 2 missionnaires de France	20 000 FF	
• Divers		50 000 FF
Matériel informatique	20 000 FF	*
Logiciel ERDAS	20 000 FF	*
p.d.. carburant	10 000 FF	
• TOTAL		172 000 FF

6.4. Analyse de la demande

Notons que la plupart de ces actions sont co-financées par les projets de recherche GIHREX et/ou SIMES. Uniquement le coût directement imputable à l'enveloppe budgétaire apporté par le GIP-Hydrosystème est noté ici.

On remarquera que le Séminaire scientifique GIRN-ZIT n'est pas mentionné dans cette demande, cela du fait que des financements extérieurs ont été mobilisés pour sa réalisation (DG IRD, IUCN, UNESCO/PHI, Coop. Française, Coop. Néerlandaise, Union Européenne).

Chapitre 7 Conclusion

Au-delà des opérations de recherche thématiques décrites ci-dessus, somme toutes classiques pour un projet de recherche, nous désirons insister sur les acquis dus à *l'originalité liée à la réalisation de recherches cognitives*, à savoir :

- collaboration des institutions de recherche maliennes entre elles et avec les Directions Nationales,
- collaboration des systèmes d'observation des Directions Nationales,
- reconnaissance politique de l'unité de gestion et de la nécessité d'intégration des réponses,
- structuration d'une maquette de modélisation intégrée, d'une base de connaissance environnementale sur le delta intérieur du Niger et d'un observatoire pour la gestion de l'information environnementale du delta.

Enfin, nous pouvons dire aujourd'hui que les livrables attendus de la phase actuelle finissant en décembre 2000, et correspondant au couplage des projets de recherche GIHREX et SIMES et avec le soutien du GIP-Hydrosystème dans le cadre de la Zone Atelier du Delta Intérieur du Niger (avec le groupe CERDIN) seront bien disponibles en décembre 2000, à savoir :

- la maquette d'une modélisation intégrée du delta intérieur du Niger,
- un observatoire environnemental structuré du delta intérieur du Niger,
- un échéancier d'opérations de recherche nécessaires pour un observatoire socio-économique du delta (OSED),
- un séminaire international sur la *Gestion Intégrée des Ressources Naturelles dans les Zones Inondables Tropicales* (GIRN-ZIT, Bamako, 19-23 juin 2000)³⁵,
- un document d'identification et cadrage d'un projet de développement associant la recherche (futur projet EIDES).

Fort de cet argument, les chercheurs du groupe CERDIN et de GIHREX espèrent que la dissolution du GIP-Hydrosystème n'aura pas de conséquence négative sur la dynamique scientifique et institutionnelle que ce concept de *zone atelier* a su créer au Mali pour le développement et l'intégration des connaissances sur le delta intérieur du Niger.

³⁵ cf. annexe

Annexe 1 Abréviations

- CERDIN** : Crue et Décru, Édification et partage des Ressources dans le Delta Intérieur du Niger
- CNRST** : Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (Mali)
- DCN** : Projet de recherche sur « *La Pêche dans le Delta Central du Niger* » (1986 – 1992)
- DIN** : Delta Intérieur du Niger
- DNAER** : Direction Nationale de l'Aménagement et de l'Équipement Rural (Mali)
- DNAMR** : Direction Nationale de l'Appui au Monde Rural (Mali)
- DNCN** : Direction Nationale de la Conservation de la Nature (Mali)
- DNCT** : Direction Nationale de la Cartographie et Télédétection (Mali)
- DNH** : Direction Nationale de l'Hydraulique (Mali), (ex DNHE)
- DNHE** : Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Énergie (Mali)
- DNM** : Direction Nationale de la Météorologie (Mali)
- DNSI** : Direction Nationale de la Statistique et de l'Information (Mali)
- EIDES-DIN** : Étude Intégrée de la Dynamique des processus Ecobiophysiques et Socio-économiques d'un milieu humide en zone sèche : le Delta Intérieur du Niger
- ENI** : École Nationale d'Ingénieurs, Bamako
- ENSup** : École Normale Supérieure, Bamako
- EQUANIS** : Projet de recherche sur « *Environnement et Qualité des Apports du Niger au Sahel* » (1992 – 1996)
- ERMES** : Enseignement et Recherche sur Milieux Et Sociétés (IRD, Orléans)
- FAST** : Faculté des Sciences et Techniques, Bamako
- FLASH** : Faculté des Langues, des Arts et des Sciences Humaines, Bamako
- GIHREX** : Gestion Intégrée, Hydrologie, Ressources et systèmes d'Exploitation
- IER** : Institut d'Économie Rurale
- IPR-IFRA** : Institut Polytechnique Rural – Institut de Formation en Recherche Agronomique
- ISFRA** : Institut Supérieur de Formation en Recherche Appliquée, Bamako
- MDRE** : Ministère du Développement Rural et de l'Eau (Mali)
- ME** : Ministère de l'Environnement (Mali)
- PGRN** : Programme Gestion Ressources Naturelles (IER, Mali)
- PIRL** : Projet Inventaire des Ressources Ligneuses (Mali)
- PIRT** : Projet Inventaire des Ressources Terrestres (Mali)
- PNAE** : Programme National Actions Environnementales (Min. Environnement, Mali)³⁶
- PRH** : Programme Ressources Halieutiques (IER, Mali)
- SEP** : Laboratoire Sol – Eaux – Plantes (IER, Bamako / Sotuba)
- UICN** : Union mondiale pour la Nature

³⁶ Le PNAE est remplacé par le STP/CIGQE : Secrétariat Technique Permanent du Cadre Institutionnel de la Gestion des Questions Environnementales.

Annexe 2 Séminaire International sur la Gestion Intégrée des Ressources Naturelles dans les Zones Inondables Tropicales (GIRN-ZIT, Bamako, juin 2000)

Etudes

Numéro	Titre	Auteur(s)	Année
1	Annuaire des précipitations mensuelles et annuelles de la Guinée Konakry de l'origine des stations à 1995	Mahe G.	1996
2	Annuaire des précipitations mensuelles et annuelles de l'origine des stations à 1995 au Mali.	Soumaguel A., Mahe G., Diarra M. & Camara A.	1996
3	Annuaire des précipitations annuelles sur le bassin du Niger supérieur et le Delta Central de 1924 à 1995.	Soumaguel A.	1996
4	Première exploitation des fichiers opérationnels des pluies sur le bassin versant du Niger : étude témoin.	Soumaguel A.	1996
5	Elaboration des fichiers opérationnels pour le calcul régionalisé des pluies sur le bassin versant du Niger par la Méthode du Vecteur Régional (MVR).	Soumaguel. A.	1996
6	Mise en place d'un système de suivi de la pêche dans le delta central du Niger : concepts et méthodes	Morand P. et Kodio A.	1996
7	Première quantification des flux de méthane produits dans le delta intérieur du fleuve Niger.	Konde C., Orange D., Mahe G. et Gourcy L.	1997
8	Traitement des données MES. Calcul de flux transportés, base de données, résultats.	Picouet C.	1997
9	Recueil de 24 années d'observation des visibilités horizontales à Bamako (1975-1998)	Camara G., Orange D. et Maïga A.	1998
10	Actualisation des données hydrométriques du fleuve Niger au Mali	Marieu B. et al.	1998
11	Etude hydrologique de la mare de Batamani	Marieu B.	1999
12	Spatialisation des données météorologiques dans le delta intérieur du Niger	Bamba F., Fofana M. et Mahé G.	1999
13	Commercialisation du riz traditionnel dans le delta intérieur du Niger au Mali	Kuper M. et Maïga H.	2000
14	Impact de la disponibilité en eau du fleuve Niger sur la gestion de l'eau dans le périmètre irrigué de l'Office du Niger au Mali : le cas de l'étiage 1999	Hassane A. et Kuper M.	2000
15	Stratégies des agriculteurs autour de la mare de Batamani	Maïga O., Kuper M. et Gosse B.	2000
16	Etude hydrologique du bassin versant de Djitiko	Marieu B., Mahieux A. et Gréard M.	2000
17	Eléments pour la réalisation d'un réseau d'observation de la qualité de l'environnement dans le bassin du Niger au Mali : les matières en suspension. indicateur qualité	Orange D. et Gréard M.	2000
18	Session d'échange et de formation autour de la maquette du Modèle Intégré du Delta Intérieur du Niger	de Noray M.L.	2000
19	Etude hydraulique du réseau primaire de l'Office du Niger. En deux tomes.	Kuper M., Greard M., Hassane A., A. Mahieux, B. Marieu. D. Orange.	2000

Mémoires

Numéro	Titre	Type	Auteur (s)	Encadrement	Année
1	Etude de la dynamique des espaces ruraux dans le haut bassin du Niger au Mali (bassin versant de Bélékoni).	Mémoire de DEA	D. Diallo	E. Roose	1996
2	Variabilité du niveau et de la qualité chimique des eaux souterraines dans le haut bassin du fleuve Niger au Mali. Comparaison avec la variabilité des écoulements de surface	Mémoire de fin d'Etudes ENI	Y. Dessouassi	A. Diarra, G. Mahé	1997
3	Variabilité de la teneur en eau du sol au cours de la première partie de la saison pluvieuse en zone soudanienne. Cas des sols brun et jaune du bassin versant du Djitiko au Mali	Rapport de Stage de deuxième année ESIM	N. Thomas	D. Orange, D. Diallo	1997
4	Estimation des écoulements annuels au Mali : amélioration de la présentation et des fonctionnalités du logiciel Hydro	Rapport de stage 2 ^{ème} année ISIM	C. Aznar	G. Mahé	1997
5	Le système de production halieutique du terroir de Batamani (Delta Intérieur du Niger) : préconception d'un modèle intégré de fonctionnement	Mémoire de DAA	C. Rousseau	V. Benech, M. Kuper	1998
6	Impact des intrants agricoles sur la qualité des eaux en zone cotonnière du Mali-sud	Mémoire de fin d'Etudes IUP	A. Bonnefoy	D. Orange	1998
7	Evaluation de l'érosion hydrique sur sol brun sur le bassin versant du Djitiko (Mali-Sud)	Mémoire de licence IUP	H. Vidal	D. Orange, D. Diallo	1998
8	Origines et caractéristiques de la pollution des eaux de Bamako : une première approche pour la gestion et l'épuration	Mémoire de DEA	A. Palangie	D. Orange, Y. Poncet	1998
9	Hydrobiologie du Delta Central du fleuve Niger en situation de post-crue.	Mémoire de maîtrise	N. Dumas-Pilhou	R. Arfi	1998
10	Détermination des zones à risque de pollution des nappes phréatiques par les eaux de surface à Bamako. étude bibliographique	Rapport de stage	E. André	D. Orange	1998
11	Diagnostic d'un projet de recherche intégré en éco-hydrologie : le cas du delta Intérieur du Niger	Mémoire de DESS	C. Cartailier	D. Orange	1999
12	Influence des aménagements hydrauliques et hydro-agricoles du Niger supérieur sur l'inondation du Delta Intérieur du Niger (Mali)	Mémoire de fin d'Etudes ENI	A. Hassane	D. Orange, M. Kuper, B. Marieu	1999
13	Cycle géochimique du carbone, de l'azote et du phosphore dans un écosystème inondé : cas de la mare de Batamani	Mémoire de fin d'Etudes ENSUP	R. A. Diarra	M. Maïga, D. Orange	1999
14	Synthèse analytique des modèles d'inondation dans le Delta Intérieur du Niger au Mali	Mémoire de fin d'Etudes ENSUP	L. Dembélé	A. Ballo, D. Orange	1999
15	Conception d'une liste d'indicateurs dans le cadre d'un futur observatoire de l'environnement dans le Delta Intérieur du fleuve Niger au Mali	Mémoire de DESS	J.F. Maillard	P. Morand	1999
16	Evolution temporelle des visibilités horizontales à Bamako-Senou (Mali). Relation avec le dépôt sec des aérosols	Mémoire de DEA	G. Camara	J.P. Lacaux	1999
17	Intervention des itinéraires techniques des systèmes d'exploitation sur les flux de nutriments dans un écosystème tropical inondé	Mémoire de DEA	L. Paget	D. Orange, Y. Poncet	1999
18	Suivi des ressources pastorales du Niger avec des données spatiales basse résolution végétation/SPOT 4	Mémoire de DESS	A. Mariko	Mougenot B.	1999
19	Propagation d'une onde de crue dans le delta intérieur du Niger : modélisation hydraulique	Mémoire ingénieur	A. Cadier	M. Kuper	1999-

Rapports

Numéro	Titre	Auteur(s)	Année
1	Rapport de mission Delta Central	D. Orange, Y. Poncet, C. Picouet, A. Mahieux, J.F. Leroux, K. Koumaré	1996
2	Rapport de mission Delta Intérieur du fleuve Niger	G.Mahé, B.Marieu, C.Picouet	1997
3	Rapport de mission Douna-Macina-Mopti	B.Marieu, G.Mahé	1997
4	Campagne hydrobiologique dans le delta intérieur du Niger en période de hautes-eaux	R. Arfi	1997
5	Projet de zone atelier du delta intérieur du Niger au Mali	LECOM/IRD, PRODIG/CNRS, ENSup, DNHE, CNRST, IER, DNM, ERMES/IRD	1997
6	Campagne hydrobiologique dans le delta intérieur du Niger en période de basses-eaux	R. Arfi	1998
7	Rapport de mission Delta Intérieur du Niger	S.Kelly, M.Kuper, B.Marieu	1998
8	Campagne hydrobiologique dans les lacs périphériques du delta intérieur du Niger en période de basses-eaux	R. Arfi	1999
9	Rapport de mission delta aval	M.Kuper, A.Mahieux, I.Sidibé, S.Kelly	1999
10	EIDES. Document de projet, identification et cadrage	D. Orange (rédacteur)	1999
11	Campagne hydrobiologique dans les mares du Kotia	R. Arfi et S. Alhousseini	1999
12	Campagne hydrobiologique dans les lacs périphériques du delta intérieur du Niger en période de hautes-eaux	R. Arfi	2000
13	Rapport de mission lacs périphériques	R. Arfi, M. Audollent, M. Kuper, B. Marieu, A. Mahieux, I. Sidibé, A. Ouattara	2000
14	Rapport de mission lacs périphériques	M. Audollent	2000