

latitude 23

L'eau en partage

Les petits barrages
de Côte d'Ivoire

Éditeur scientifique
Philippe Cecchi

IRD
ÉDITIONS

L'eau en partage

Les petits barrages de Côte d'Ivoire



L'eau en partage

Les petits barrages de Côte d'Ivoire

Éditeur scientifique

Philippe Cecchi

IRD Éditions

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Collection Latitudes 23

Paris, 2007

« Latitudes 23 » est une collection généraliste, pluridisciplinaire. Elle vise à publier des synthèses thématiques ou géographiques privilégiant les systèmes complexes, croisant différents regards, et à faire le point sur une question à une large échelle de temps et d'espace. Les thématiques privilégiées sont : relations hommes-milieu, gestion des ressources naturelles, environnement-développement. Toutes les disciplines sont concernées, avec une priorité réservée aux approches associant les sciences de la nature et de la société.

Directrice de collection : Marie-Christine Cormier-Salem (cormier@mnhn.fr)

Couverture :

IRD/P. Cecchi - Fin de saison sèche, réservoir de la Loka.

Frontispice :

**IRD/P. Cecchi - Rencontre entre chercheurs et usagers
au bord du réservoir de Kiémou.**

Toutes les photos à l'intérieur de l'ouvrage sont de P. Cecchi.

Préparation éditoriale, coordination : Marie-Odile Charvet Richter

Mise en page : Gris Souris

Correction : Corinne Lavagne

Maquette de couverture : Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure : Catherine Plasse

La loi du 1^{er} juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© IRD, 2007

ISSN : 1278-348X

ISBN : 978-2-7099-1615-8

Remerciements

Dédicace

Cet ouvrage est dédié à deux de ses auteurs, Hadja Anziata Ouattara et Jackie Étienne, tous deux prématurément disparus.

Financements

Le Service de coopération et d'action culturelle (SCAC) de l'ambassade de France à Abidjan a soutenu à deux reprises les activités engagées sous l'égide du programme Petits Barrages en Côte d'Ivoire : crédits déconcentrés d'intervention, d'une part, financement dans le cadre de la relance de la recherche agronomique en Côte d'Ivoire, d'autre part. Ce même service a également participé au financement du présent ouvrage.

D'étroites relations se sont par ailleurs nouées avec les intervenants du programme Santé de l'Africa Rice Center (WARDA/ADRAO) de Bouaké. Ces relations se sont notamment concrétisées par un soutien financier pour l'achat des scènes satellitaires exploitées par le programme Petits Barrages.

Soutiens

S'il n'est pas possible de remercier ici toutes les autorités qui ont avec constance et solidarité soutenu les activités du programme Petits Barrages, mention doit toutefois être faite de l'engagement continu des tutelles directes des chercheurs de l'Orstom devenu IRD et de l'Idessa devenu CNRA.

Par ailleurs et très concrètement, sans l'accueil et l'hospitalité des gens du nord du pays, chez qui nous nous sommes installés, et avec qui nous avons travaillé, que nous avons écoutés, nos activités n'auraient pu se développer.

Les résultats et enseignements tirés de cette aventure scientifique leur sont d'abord destinés.

Ouagadougou, 13 juillet 2005

Les auteurs

Maryse **Aka**, écologue.
CRO, BP V 18, Abidjan 01, Côte d'Ivoire.
maryse_naka@yahoo.fr

Francis **Akindès**, sociologue.
Lesor (Laboratoire d'économie et de sociologie rurales),
Département d'anthropologie et de sociologie,
Université de Bouaké, 06 BP 1245 Abidjan 06, Côte d'Ivoire.
francis.akindes@aviso.ci

Jean **Albergel**, hydrologue.
UMR Ambre, Inra-Ensam,
2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1, France.
albergel@ensam.inra.fr

Robert **Arfi**, écologue.
IRD, UR 167, Centre d'Océanologie, Station marine d'Endoume,
rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille, France.
robert.arfi@univmed.fr

Jean-Baptiste **Assamoi**, écologue.
IRD, 04 BP 293, Abidjan 04, Côte d'Ivoire.
j_baptista2001@yahoo.fr

Siradiou **Baldé**, entomologiste médical.
CEMV, 01 BP 2597, Bouaké 01, Côte d'Ivoire.
Tel : (225) 31 63 22 50

Marc **Bouvy**, microbiologiste.
IRD, UR 167, Université Montpellier-II, laboratoire Ecolag,
CC 093, 34095 Montpellier cedex 5, France.
bouvy@mpl.ird.fr

Alain **Casenave**, hydrologue.
IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France.
Alain.Casenave@bondy.ird.fr

Philippe **Cecchi**, écologue.
IRD, UR 167, 01 BP 182, Ouagadougou 01, Burkina Faso.
cecchi@ird.bf

Daniel **Corbin**, chimiste.
IRD, UR 167, BP 1386, CP 18524, Dakar, Sénégal.
corbin@ird.sn

Amara **Coulibaly**, sociologue.
Lesor (Laboratoire d'économie et de sociologie rurales),
Département d'anthropologie et de sociologie,
Université de Bouaké, 06 BP 1245 Abidjan 06, Côte d'Ivoire.
coulamara@hotmail.com

Sebastino **Da Costa**, ichtyologue.
CNRA, 08 BP 33 Abidjan 08, Côte d'Ivoire.
dacostaks@hotmail.com

Inza **Dembelé**, ichtyologue.
CNRA, 08 BP 33 Abidjan 08, Côte d'Ivoire.
abj.cnra@avisoci.ci

Jackie **Étienne** (†), hydrologue.

Audrey **Fromageot**, géographe.
UMR Metafort, Cemagref, Campus universitaire des Cézeaux,
BP 50085, 63172 Aubière Cedex, France.
audrey.fromageot@laposte.net

Franck **Gourdin**, hydrologue.
Service équipement rural et hydraulique, DAF Guadeloupe,
Jardin botanique, 97109 Basse-Terre, France.
franck.gourdin@agriculture.gouv.fr

Soungalo **Koné**, hydrologue.
Direction de l'Eau, 03 BP 806, Bouaké 03, Côte d'Ivoire.
k_soung@hotmail.com

Cyrille **Kouassi**, ichtyologue.
CNRA, 08 BP 33 Abidjan 08, Côte d'Ivoire.
cyrillengk@yahoo.fr

Hadja Anziata **Ouattara** (†), sociologue.

Marc **Pagano**, écologue.
IRD, UR 167, Centre d'Océanologie, Station marine d'Endoume,
rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille, France.
marc.pagano@univmed.fr

Jean **Raffray**, ichtyologue.
IRD Bretagne, BP 70, 29280 Plouzané, France.
Jean.Raffray@ird.fr

Lucien **Saint-Jean**, écologue.
s/c M. Pagano.

Luc **Seguis**, hydrologue.
IRD Bénin, 08 BP 841, Cotonou, Bénin.
seguis@ird.fr

Serge **Thomas**, écologue.
SERC, University Park OE-148, 11200 SW 8th Street,
Miami, FL 33199 Florida, USA.
thomasse@fiu.edu

Luis **Tito de Morais**, ichtyologue.
CRHMT, BP 171, avenue Jean Monnet, 34203 Sète, France.
Luis.Tito.De.Morais@ifremer.fr

Kassoum **Traoré**, ichtyologue.
CNRA, BP 1740, Abidjan, Côte d'Ivoire.
abj.cnra@aviso.ci

Grégoire **Yapi Yapi**, entomologiste médical.
CEMV, 01 BP 2597, Bouaké 01, Côte d'Ivoire.
Tel : (225) 31 63 22 50

Alexis **Yté Wongbé**, écologue.
CNRA, BP 602, Gagnoa, Côte d'Ivoire.
ytealexis@yahoo.fr

Sommaire

Sigles	11
Préface	13
<i>Christian LÉVÊQUE, Catherine AUBERTIN</i>	

Introduction

L'étude pluridisciplinaire des petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire : justification et stratégie mise en oeuvre	17
<i>Philippe CECCHI, Alexis YTÉ WONGBÉ</i>	

ESPACE ET MILIEUX

Introduction		
Le nord de la Côte d'Ivoire, un milieu approprié aux aménagements de petite et moyenne hydraulique	45	
<i>Jean ALBERGEL</i>		
Localisation des petits barrages et caractérisation des bassins versants par télédétection		59
<i>Frank GOURDIN, Philippe CECCHI, Daniel CORBIN, Jackie ÉTIENNE, Luc SÉGUI, Alain CASENAVE</i>		
Caractérisation hydrologique des petits barrages		75
<i>Frank GOURDIN, Philippe CECCHI, Daniel CORBIN, Jackie ÉTIENNE, Soungalo KONÉ, Alain CASENAVE</i>		
Facteurs limitant la productivité phytoplanctonique dans 49 petits barrages		97
<i>Robert ARFI, Marc BOUVY, Philippe CECCHI, Marc PAGANO, Lucien SAINT-JEAN, Serge THOMAS</i>		
Distribution et évolution des biomasses végétales dans le petit barrage de Brobo (centre de la Côte d'Ivoire)		111
<i>Serge THOMAS, Philippe CECCHI, Daniel CORBIN, Jean-Baptiste ASSAMOI</i>		
Métabolisme bactérien et phytoplanctonique de trois petits barrages de Côte d'Ivoire		125
<i>Marc BOUVY, Robert ARFI, Philippe CECCHI, Daniel CORBIN, Marc PAGANO, Lucien SAINT-JEAN, Serge THOMAS</i>		

COMMUNAUTÉS ET RESSOURCES AQUATIQUES

Introduction	
Entre exploitation et conservation : les communautés aquatiques des petits barrages	137
<i>Philippe CECCHI</i>	

Variations spatiales des communautés et de la biomasse du zooplancton dans 49 petits barrages	143
<i>Maryse AKA, Marc PAGANO, Lucien SAINT-JEAN, Robert ARFI, Marc BOUVY, Philippe CECCHI, Daniel CORBIN, Serge THOMAS</i>	
Structures trophiques des peuplements de poissons dans les petits barrages	153
<i>Sebastino DA COSTA, Luis TITO DE MORAIS</i>	
Introduction et adaptation de <i>Lates niloticus</i> dans la retenue de Tiné	165
<i>Cyrille KOUASSI, Kassoum TRAORÉ, Alexis YTÉ WONGBÉ, Inza DEMBELE</i>	
Mollusques hôtes intermédiaires de bilharzioses dans les petits barrages ...	175
<i>Philippe CECCHI, Siradiou BALDÉ, Grégoire YAPI YAPI</i>	

RIVERAINS ET EXPLOITANTS

Introduction	
Gestion des petits barrages : des jeux d'acteurs complexes	193
<i>Francis AKINDÈS</i>	
Pastoralisme et stratégies d'acteurs locaux : pluralisme de règles et conflits	201
<i>Amara COULIBALY, Hadja Anziata OUATTARA, Philippe CECCHI</i>	
Pêches artisanales dans les petits barrages	215
<i>Luis TITO DE MORAIS, Sebastino DA COSTA, Jean RAFFRAY, Kassoum TRAORÉ</i>	
Colonisation maraîchère des rives des petits barrages : une nouvelle géographie	229
<i>Audrey FROMAGEOT</i>	
Schistosomiasés et populations à risques dans les petits barrages	245
<i>Philippe CECCHI</i>	

Conclusion

Les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire à l'heure du bilan	261
<i>Philippe CECCHI</i>	
Postface	285
<i>Nick VAN DE GIESEN</i>	
Résumé	289
Summary	293

Sigles

Anader : Agence nationale d'appui au développement rural, regroupant toutes les structures étatiques d'encadrement agricole.

Asecna : Agence pour la sécurité de la navigation aérienne.

CEMV : Centre d'entomologie médicale et vétérinaire.

CIDV : Compagnie ivoirienne de développement des productions vivrières, dissoute et intégrée désormais dans l'Anader.

CIEH : Comité interafricain d'études hydrauliques.

Cirad : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

CTFT : Centre technique forestier tropical (intégré depuis dans le Cirad).

CNRA : Centre national de recherche agronomique, anciennement Idessa.

CRDI : Centre de recherches pour le développement international.

CRO : Centre de recherche océanologique, installé à Abidjan.

DCGTx : Direction et contrôle des grands travaux, rattachée à la primature de Côte d'Ivoire.

HESS : École des hautes études en sciences sociales.

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).

Frar : Fonds régionaux d'aménagements ruraux.

Idessa : Institut des savanes, devenu CNRA.

IPR : Institut Pierre-Richet, structure de l'OCCGE installée à Bouaké.

IRD : Institut de recherche pour le développement (anciennement Orstom).

OCCGE : Organisation de coordination et de coopération pour la lutte contre les grandes endémies.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

PFR : Plan foncier rural.

PNGTER : Programme national de gestion des terroirs.

Sodepra : Société pour le développement des productions animales, créée en 1974, puis dissoute en 1994 et intégrée alors dans l'Anader.

Préface

Les sociétés ont appris depuis longtemps à se protéger des excès de l'eau. Elles se prémunissent des inondations en érigeant des digues ou en construisant des barrages, tout comme elles pallient la pénurie en développant l'irrigation, en recherchant l'eau dans les nappes ou en construisant des réservoirs... L'édification de petits barrages, justement, est l'une des réponses des sociétés sahélo-soudaniennes à la pénurie en eau qui défraie régulièrement les chroniques climatiques depuis quelques décennies : c'est une forme de sécurisation par rapport à la variabilité pluviométrique. Ils permettent d'assurer presque toute l'année une réserve en eau pour soutenir des productions vivrières diverses (agricoles, pastorales, maraîchères) et satisfaire les besoins domestiques. Les premiers de ces aménagements ont été édifiés dans les années 1970 dans le nord de la Côte d'Ivoire pour y développer l'agriculture irriguée, notamment la riziculture ; la décennie suivante, d'autres ont été conçus comme points d'eau pour l'abreuvement du bétail ; beaucoup, voire tous, ont été exploités pour la pêche. Mais, avec le temps, ces petits barrages ont progressivement été perçus comme des aménagements à vocation multi-usages qui participent au développement économique de régions où la démographie croissante pèse de plus en plus sur l'utilisation des ressources naturelles, en générant une demande alimentaire sans cesse croissante, notamment en direction des zones urbaines. Les plus anciens de ces ouvrages ont tous été construits par des sociétés nationales. Désormais, l'État se positionne en complément des financements mis en œuvre par des collectivités villageoises ou des particuliers, qui manifestent ainsi leur volonté de s'approprier ce mode de gestion de l'eau dans le cadre de leurs systèmes productifs. Comme l'indiquent les responsables du programme de recherche, ces aménagements hydrauliques sont devenus de fait, dans les années 1990, un véritable « patrimoine naturel » qu'il convient aujourd'hui de mieux connaître pour en sécuriser tant les ressources que les formes d'exploitation.

Cette forme de gestion de l'eau en zone aride est répandue dans différentes régions du monde. On la retrouve aussi bien dans le Nordeste brésilien que dans les zones sèches du Mexique, du sud de l'Europe, de l'Afrique du Nord ou encore de l'Asie. Les habitués des routes sahéliennes du Burkina Faso comme de la Côte d'Ivoire ont pu se

rendre compte au fil des années des changements intervenus dans le paysage. Les petits barrages ont créé des îlots de verdure, ont permis de développer des activités agricoles et pastorales, ont surtout redynamisé la vie paysanne, en diversifiant ses activités, dans des régions qui traditionnellement s'étiolaient durant la longue saison sèche. On peut se rendre compte également, en visitant les centaines de petits barrages qui ont été édifiés dans ces régions, des changements intervenus dans les pratiques des sociétés rurales pour mettre en valeur leur environnement naturel.

C'est donc à de véritables questions de nature systémique qu'ont été confrontés les scientifiques qui se sont attachés à comprendre le fonctionnement des ces socio-écosystèmes, que d'autres appellent également anthroposystèmes. Et la nécessité d'une démarche multidisciplinaire s'est imposée de fait. Certes, elle n'a pas été facile à structurer et organiser, et l'on doit mettre à l'actif des responsables du programme d'avoir tenu le cap d'une approche intégrée. Car les scientifiques empêtrés dans le carcan des académismes ont souvent tendance à recentrer leurs activités sur leur domaine spécifique de connaissance. Mais les questions soulevées par l'étude « Petits Barrages » ne peuvent se satisfaire d'analyses sectorielles. En quoi modifient-ils le cycle de l'eau ? Quelles en sont les conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes terrestres et aquatiques ? Quel en est l'impact sur le développement socio-économique ? sur la santé ?

On est plus souvent habitué également en matière de milieu aquatique à des études de grands écosystèmes : les grands barrages, comme celui de Kossou, les grands fleuves, comme le Niger, les grandes zones humides, comme les lagunes ivoiriennes. Les petits barrages n'avaient pas l'aura de ces milieux qui ont suscité de nombreuses recherches. Et pourtant ils offrent d'énormes avantages comparatifs quand on traite des questions d'environnement et de développement durable :

– tout d'abord, du fait de leur nombre et de la variété des conditions édaphiques, ils permettent une véritable recherche comparative sur le fonctionnement des systèmes aquatiques, ce que l'on a du mal à faire sur de grands écosystèmes souvent uniques ;

– taille, quantité et diversité introduisent une nouvelle perception : l'étude de ces hydrosystèmes artificiels ne peut se faire qu'à l'échelle de l'ensemble des aménagements, et non en les considérant un par un. Leur vocation, comme leurs impacts, passe par la considération de leur nombre : l'objet d'aménagement du territoire n'est pas l'individu-barrage, mais la matrice que leur nombre et leur dispersion vont tramer dans les paysages ruraux ;

– ensuite, ils servent éventuellement de laboratoire naturel où l'on peut pratiquer des biomanipulations, ce qui renforce l'approche comparative par une approche expérimentale ;

– enfin, ce sont aussi de véritables laboratoires du développement durable dans lesquels les coutumes et les pratiques, héritées des cultures traditionnelles, peuvent être mises à l'épreuve des faits et surtout du changement de façon comparative.

L'IRD ne pouvait ignorer ces petits barrages qui constituent sans aucun doute une des questions majeures d'environnement (si l'on définit bien ce terme comme celui de l'environnement humain) et un véritable enjeu pour le développement durable des zones soudano-sahéliennes. Il a relevé le défi d'un programme interdisciplinaire comme il avait su le faire à l'occasion du Programme de lutte contre l'onchocercose. Pour cela, il s'est associé à des partenaires solides appartenant à divers instituts de recherche ivoiriens. Et le produit que les responsables du programme nous proposent est bien une co-production. C'est ainsi que l'on doit concevoir la recherche pour le développement en coopération : traiter de questions scientifiques dans le cadre d'une recherche finalisée, en étroite collaboration avec des partenaires intéressés aussi bien par la formation que par l'utilisation des résultats de la recherche.

Christian LEVÉQUE
Écologue, IRD Paris

Catherine AUBERTIN
Économiste, IRD Orléans

Introduction

L'étude pluridisciplinaire des petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire : justification et stratégie mise en œuvre

La mise en valeur des bas-fonds d'Afrique de l'Ouest s'inscrit dans une dynamique globale, justifiée tant par la pression croissante exercée sur les versants sous les effets liés de l'évolution de la pression foncière et des pratiques culturelles, des dégradations anthropiques et de l'aridification (LAVIGNE DELVILLE et BOUCHER, 1996), que par la nécessité sans cesse grandissante d'accroître et de sécuriser les productions vivrières (croissance et recompositions démographiques, poids des centres urbains ; SNRECH, 1994 ; DUBRESSON et RAISON, 1998). Les techniques traditionnelles de conservation des eaux et des sols, du fait de leur simplicité et de leur souplesse, peuvent répondre localement à l'attente des paysans (REIJ *et al.*, 1996). L'intensification de l'exploitation de ces zones, dont l'extension spatiale est faible mais dont le potentiel productif est réel, repose toutefois le plus souvent sur des aménagements plus ou moins sophistiqués destinés à réguler l'écoulement des cours d'eau ou des nappes phréatiques qui les alimentent (BERTON, 1988 ; ZEPPENFELDT et VLAAR, 1990).

L'édification de petits barrages représente ainsi, en théorie, et parmi d'autres, une possibilité relativement peu onéreuse, facilement appropriée et de surcroît bien visible, d'aménager les paysages dans l'objectif d'en structurer la valorisation et d'améliorer le bien-être de leurs habitants. On affirme souvent que la croissance économique d'une région rurale est en partie déterminée par le niveau technique et de maîtrise hydraulique de ses agriculteurs. Les aménagements hydro-agricoles en général, et les petits barrages en particulier, sont ainsi présentés et perçus comme une innovation fondamentale, susceptible de stimuler le progrès économique et à terme de faciliter le changement social.

La vision du développeur est toutefois confrontée sur le terrain à des réalités moins lisses, assurément moins lisibles. Il n'en demeure pas moins que les hydro-aménagements, qui correspondent désormais souvent à un héritage de projets de développement anciens (« les barrages sont là ») constituent de fait des pôles d'activités, même si les vocations affichées par le passé et les usages constatés aujourd'hui ne se recourent pas toujours.

Dans le nord de la Côte d'Ivoire, où la pluviométrie moyenne de l'ordre de 1 200 mm an⁻¹ n'impose pas les contraintes sévères subies par les pays sahéliens riverains, les bas-fonds ont longtemps été voués aux seules cultures pluviales et à des activités d'élevage, de chasse et de cueillette, en sus des valeurs symboliques et religieuses (DE SURGY, 1983) attribuées à ces zones humides par les communautés riveraines (Sénofo et Malinké) qui en revendiquent la propriété coutumière.

À partir des années 1970, tandis que les vallées soudano-sahéliennes étaient progressivement libérées du fléau de l'onchocercose grâce aux campagnes de lutte mises en œuvre sous l'égide de l'OMS, de vastes projets de développement étaient initiés par des sociétés d'État avec pour objectifs de désenclaver et de promouvoir les régions du Nord, où les produits de la rente tirée des plantations (café, cacao) et (ou) des cultures industrielles des zones forestières méridionales n'étaient que peu redistribués (AUBERTIN, 1983).



Champ de canne à sucre, région de Ferkessedougou, irrigué en couverture intégrale grâce au maillage de parcelles d'une vingtaine d'hectares par un réseau de sprinklers (asperseurs) de faible portée. Cette technique permet une gestion optimale de l'irrigation, qui tient compte de la variété exploitée, des caractéristiques morpho-édaphiques de la parcelle et du cumul des apports depuis le début de la campagne.

Plusieurs dizaines de barrages furent alors réalisées en Côte d'Ivoire, dont une vingtaine dans le Nord, pour l'irrigation des bas-fonds aménagés en casiers rizicoles situés à leur aval. L'installation d'un vaste complexe sucrier procédait de la même intention.

Dans les années 1980, l'afflux massif de pasteurs peuls venus du Burkina Faso et du Mali, pays sévèrement affectés par les sécheresses récurrentes, fut saisi comme une opportunité par le gouvernement ivoirien pour promouvoir la mise en place d'une filière locale de la viande bovine, avec l'objectif d'alléger la balance commerciale du poids des importations (ANCEY, 1997). La volonté de sédentarisation de ce cheptel étranger s'est appuyée sur un cortège de mesures d'incitation et d'accompagnement destinées à favoriser l'installation en terre ivoirienne des pasteurs étrangers et de leurs troupeaux, tout en garantissant leur insertion dans les systèmes culturels des communautés paysannes locales. Le maillage des espaces ruraux du nord de la Côte d'Ivoire, avec la création d'environ 300 petits barrages, s'est inscrit dans cette perspective.

Que la vocation des aménagements soit agricole ou pastorale, les ressources en eau artificiellement créées se voyaient confier le double rôle de contribuer, à l'échelle nationale, au développement du pays, et de permettre, aux échelles locales, l'amélioration du niveau de vie des populations.

De façon plus générale, la dissémination de petites retenues à usage hydro-agricole (irrigation), pastoral (abreuvement), hydraulique (protection des ouvrages), hydrologique (protection des nappes) ou encore à vocation d'alimentation en eau potable est devenue une réalité largement inscrite dans les priorités de développement, et donc dans les paysages, de nombreuses régions intertropicales et méditerranéennes. Cette technique ancestrale de rétention des eaux de surface (MARZOUK, 1989 ; OWEIS *et al.*, 2001) connaît de fait un engouement croissant dans diverses régions du monde marquées par des sécheresses persistantes. Retenues collinaires ou petits barrages en Europe et en Afrique, Jessour en Tunisie, Açudes au Brésil, Presones au Mexique ou encore Tanks en Asie, les vocables tout comme les vocations des aménagements sont multiples. Ils rendent compte de la diversité de ces nouveaux systèmes : diversité géographique et des contextes sociaux et économiques, d'une part, diversité des contraintes fonctionnelles et des situations écologiques, d'autre part.

Les dénominateurs communs existent toutefois : ce sont des milieux artificiels, plus ou moins pérennes, et situés généralement dans des vallées positionnées très en amont des réseaux hydrographiques. Les réservoirs sont tributaires des apports directs, hypodermiques ou phréatiques

Le programme Petits Barrages à l'IRD(*)

Problématique générale du programme

Implantés dans des zones rurales fragilisées, les petits barrages apparaissent comme des aménagements très innovants. Ils sont susceptibles de transformer profondément les rapports entre les facteurs traditionnels de la production agricole et les comportements sociaux face à la disponibilité supplémentaire d'une ressource naturelle renouvelable, l'eau, et des potentialités diverses qu'elle génère ou qui lui sont associées.

Leur efficacité et durabilité demeurent, cependant, fonction de nombreuses conditions qui vont du choix du site et de la réalisation technique de l'ouvrage à la participation effective des acteurs locaux aux projets. La motivation de ces derniers est d'autant plus forte que de nouvelles perspectives de développement peuvent rapidement se concrétiser, et que les éventuelles nuisances engendrées par l'aménagement peuvent se contrôler.

Les **objectifs** et les **finalités** du programme se résument selon :

- Une analyse des modèles écologiques, économiques, sanitaires et sociaux générés par l'implantation des réservoirs.
- L'évaluation des potentialités diverses associées aux aménagements.
- L'identification des contraintes à gérer pour contrôler l'expression de ces potentiels.
- Des représentations théoriques du fonctionnement et de l'exploitation des écosystèmes.

Une organisation en quatre déclinaisons

- Petits barrages d'Afrique de l'Ouest
- Açudes du Nordeste brésilien
- Presones du nord du Mexique
- Retenues collinaires sud-méditerranéennes

(*) Animateur, responsable du projet Petits Barrages à l'IRD :
Jean Albergel (albergel@ensam.inra.fr)

Encadré n° 1
Le programme
Petits Barrages à l'IRD.

associés à de petits bassins versants, et en subissent la variabilité, qu'elle soit d'origine climatique ou liée à diverses formes d'altération des bassins susceptibles d'en modifier les caractéristiques hydrologiques. Ces écosystèmes sont fréquemment implantés dans des zones où la pérennisation

de l'eau est une réelle nouveauté. Cette pérennisation a des conséquences directes sur les peuplements végétaux et animaux (indigènes ou allogènes) qui colonisent avec plus ou moins de succès les masses d'eau, comme sur les populations locales, le plus souvent paysannes, qui font face à cette réalité et doivent apprendre à la gérer. La vocation initiale et souvent unique de l'aménagement est en pratique fréquemment – sinon toujours – dépassée au profit d'usages multiples, qui impliquent l'intervention et la négociation de différentes catégories d'acteurs pour l'exploitation des ressources diverses associées aux plans d'eau.

Aux caractéristiques générales et communes à ce type d'aménagements se superposent donc des propriétés ou particularités spécifiques des régions étudiées tout comme des populations concernées par les aménagements. Parallèlement, aux bénéfices attendus de leur exploitation se superposent souvent des risques qui sont liés tant à leur intense fréquentation qu'à la diversité des opérateurs – et des intérêts – qui s'y rencontrent.

La multiplication des aménagements dans diverses régions du globe, la multiplicité et la diversité des milieux, la pluralité des usages actuels ou potentiels des ressources qui leur sont associées ont constitué la cheville justificatrice d'un programme de recherche à déclinaisons géographiques variées, initié sous la maîtrise d'œuvre de l'Orstom devenu depuis IRD, et focalisé sur le fonctionnement et l'utilisation de ces écosystèmes artificiels.

Regroupés sous l'intitulé générique du « Programme Petits Barrages », quatre chantiers furent développés à partir du milieu des années 1990, au Brésil, au Mexique, en Tunisie et en Côte d'Ivoire (encadré n° 1).

C'est dans ce contexte qu'ont été réalisées les contributions qui sont présentées dans cet ouvrage, toutes focalisées sur un état des lieux de la situation des petits barrages dans le nord de la Côte d'Ivoire.

Les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire : une situation originale

Après une période de création ostentatoire de grands barrages, les autorités de nombreux pays ont intégré dans leur politique de développement agricole la constitution de réserves d'eau, les petits barrages, largement dispersés dans les espaces ruraux. Leur petite taille, jointe à une identification *a priori* plus aisée des bénéficiaires des aménagements, devait favoriser leur insertion dans les systèmes de production des populations ciblées.

¹ Les barrages hydroélectriques de Côte d'Ivoire sont tous situés dans la moitié sud du pays : Ayamé I et II à l'est, Kossou et Taabo au centre, Buyo à l'ouest.

En Côte d'Ivoire, et en marge des barrages hydroélectriques¹ que compte le pays, ce sont ainsi plusieurs centaines de réservoirs qui ont été édifiés, principalement dans les régions Centre et Nord du pays, en deux grandes vagues successives.

Jusqu'aux années 1970, les aménagements à vocation agricole (retenues d'eau et casiers aménagés pour la riziculture irriguée) ont été privilégiés, et plusieurs dizaines d'ouvrages ont été érigés, principalement en région Centre.

La deuxième vague de construction est arrivée durant la décennie 1980, notamment sous l'égide de la Sodepra, avec l'édification de plusieurs centaines de petits barrages à vocation initiale explicitement pastorale, et principalement localisés dans les savanes plus arides du nord du pays (fig. 1).

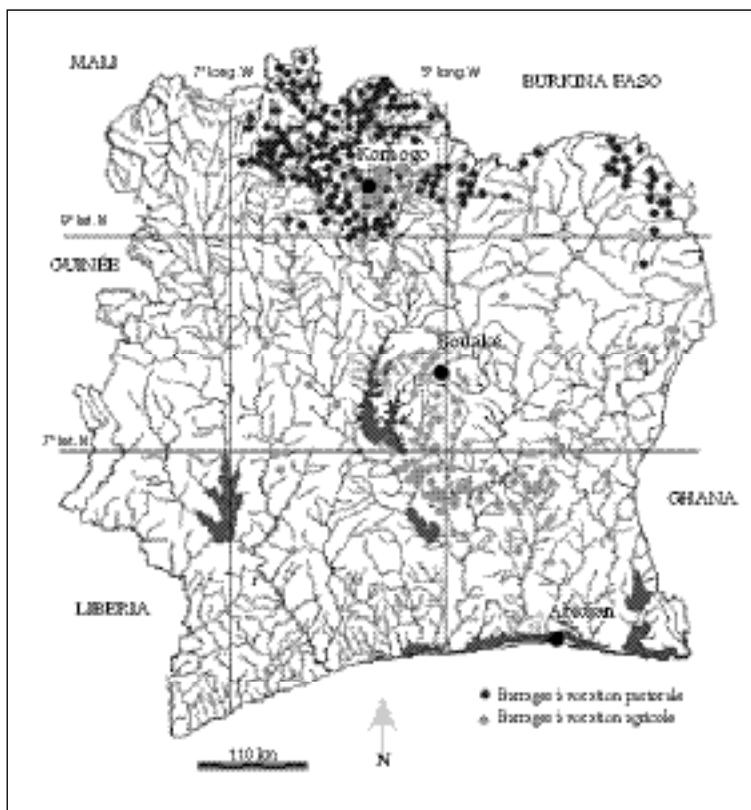
Vingt à trente ans plus tard, en dépit de résultats apparemment médiocres, et tandis que les sociétés d'État chargées de l'encadrement des ouvrages et des filières vivrières étaient dissoutes, ces hydro-aménagements devenaient de fait dans les années 1990 un *patrimoine national*, dont les ressources potentielles devaient être mieux identifiées.



Moine d'un réservoir Sodepra.

Le moine est un dispositif qui permet à la fois de réguler le niveau de remplissage d'un réservoir ou d'un étang et de contrôler sa vidange. Celle-ci est réalisée en fin de saison sèche pour récolter le poisson : une fois le système actionné, l'eau se retire progressivement entraînant le poisson jusqu'au fossé central où il est collecté à l'aide d'une senne.

Fig. 1 - Localisation des petits barrages de Côte d'Ivoire.



(Source : Inventaire des retenues..., 1992)

Leur inventaire partiel et provisoire ainsi que l'estimation des *potentialités agronomiques* liées à la mise en valeur des bas-fonds associés à certains d'entre eux furent ainsi réalisés par la Direction et contrôle des grands travaux (DCGTx) d'Abidjan en 1992, sous l'égide de la Primature de Côte d'Ivoire (*Inventaire des retenues...*, 1992).

La même année, l'Institut des savanes de Bouaké (Idessa, désormais CNRA) publiait un rapport préliminaire relatif à ses travaux portant sur la valorisation du *potentiel piscicole* associé aux petits barrages à vocation agro-pastorale du nord de la Côte d'Ivoire (IDESSA, 1992). L'objectif concernait l'optimisation de la production et de l'exploitation des ressources halieutiques recélées par les plans d'eau.

Dans les deux cas, l'existence de potentialités théoriques significatives (agricoles et halieutiques) était soulignée, tout en relevant les carences voire parfois l'absence d'informations pourtant élémentaires nécessaires

à des évaluations circonstanciées et argumentées (par exemple la localisation précise et les caractéristiques morphologiques des sites). Dans les deux cas également, des logiques strictement sectorielles étaient mises en avant, où ressources et exploitants concouraient au développement de *filiales vivrières* précisément identifiées : aux bénéfices potentiellement espérés de leur développement étaient opposées des contraintes spécifiques qu'il convenait de lever.

Les ouvrages d'une certaine façon constituaient un *héritage*, mal valorisé par le passé : mieux connaître les milieux – pour mieux les gérer –, mieux comprendre l'organisation socio-économique des activités – pour mieux la structurer – devait permettre à terme d'accroître la mise en valeur de ce patrimoine, *in fine* d'en optimiser la productivité.

Simultanément, de nombreuses demandes locales s'exprimaient par la voix d'autorités villageoises ou de groupements d'agriculteurs, pour la réhabilitation de retenues existantes ou la construction de nouveaux réservoirs dans le nord du pays. Les bailleurs de fonds sollicités, déjà historiquement impliqués dans les réalisations passées (c'était par exemple le cas du Fonds d'aide et de coopération de la Mission diplomatique française en Côte d'Ivoire), accueillèrent ces demandes avec une réserve affichée, justifiée tant par l'absence d'évaluation encourageante des opérations anciennes, que par l'affirmation plus brutale, voire péremptoire, que la plupart des petits barrages en terre édifiés lors des deux décennies écoulées étaient désormais à l'abandon ou détruits faute d'entretien.

Les potentialités associées à la maîtrise des ressources en eau (l'irrigation de vastes périmètres rizicoles dans le cadre de projets encadrés), ou liées à leur présence (l'exploitation de peuplements de poissons autochtones ou introduits dans les réservoirs) n'avaient de fait que rarement été évaluées et validées, en Côte d'Ivoire comme ailleurs en Afrique de l'Ouest. Dans un cas comme dans l'autre, des raisons pratiques (appropriation d'itinéraires techniques) et socio-économiques (compétitivité des filières) étaient fréquemment invoquées pour expliquer les déconvenues observées. La crispation des bailleurs de fonds se résumait en somme à une équation simple, où le bénéfice attendu des investissements consentis n'apparaissait pas significatif en regard des coûts liés à leur mise en œuvre.

Le raisonnement, non empreint d'objectivité, s'appuie sur une analyse sectorielle et macroscopique des produits attendus. Il repose implicitement sur des filières structurées, des acteurs et des comptes organisés, et d'une certaine manière sur une géographie des marchés émergente à une échelle appréciable, c'est-à-dire au moins régionale pour être digne d'intérêt ou simplement perceptible. Implicitement encore, ce raisonnement interdit

les filières diffuses (on pourrait dire « informelles »), où l'activité échappe aux critères fonctionnels de la professionnalisation et de la spécialisation des acteurs, tout comme il ne peut prendre en considération ce qui pourtant apparaît comme une réalité omniprésente avec ce type d'aménagements : des ressources diverses et juxtaposées, et des acteurs multiples en interactions permanentes.

Les faits cependant s'imposent obstinément, indépendamment finalement des attentes économiques officiellement associées aux aménagements, et au-delà des modèles régulièrement utilisés pour tenter d'en mesurer les résultats. Les demandes paysannes de projets d'édification de petits barrages sont aujourd'hui peut-être plus encore qu'hier une réalité quotidienne des aménageurs à l'œuvre dans le nord du pays.

Dynamiques globales et dynamismes locaux, quels qu'en soient les déterminants et (ou) les objectifs, concourent toutefois à moduler, dans l'espace comme dans le temps, les potentialités associées à la présence et à l'utilisation des aménagements. Aux « bénéfiques » potentiels ou bien réels se juxtaposent des « risques », plus ou moins connus, plus ou moins évalués, parfois inattendus, qui contribuent également à ajuster tant le niveau des ressources que les modalités de leur exploitation. L'aménagement, qu'il soit ancien ou tout récent, n'est pas neutre : sa localisation n'est jamais le fruit du pur hasard ; les usages dont il est l'objet ne sont pas figés. Les milieux peuvent évoluer, et les ressources voir leurs coûts d'opportunité changer également.

Eau-Milieu – Eau-Ressource, les petits barrages sont des objets dynamiques, tout comme le sont les communautés riveraines et les contextes de leur mise en valeur.

Ce contexte, et le corpus de questions soulevées, transcende largement les considérations sectorielles, et a justifié la mise en place d'un programme de recherches pluridisciplinaire, focalisé, d'une part, sur la caractérisation du fonctionnement et de l'écologie des écosystèmes aquatiques, et, d'autre part, sur leurs fonctions, propriétés et potentialités, telles que riverains et exploitants les perçoivent et les vivent.

Un effort soutenu de caractérisation des infrastructures concernées et de leurs contextes écologique et socio-économique est apparu souhaitable, dans la continuité des travaux déjà amorcés de façon dispersée par diverses institutions locales. L'état des lieux à réaliser devait ainsi prendre en compte de façon explicite tant les bénéfices divers que les risques également divers associés à l'exploitation des écosystèmes artificiels que sont ces petits barrages.

Les aspects strictement techniques (génie civil *sensu largo*) n'ont en revanche pas été abordés dans ces études. Le lecteur est renvoyé aux études et aux manuels qui font le point sur la question (voir par exemple MALLET et PAQUANT, 1951 ; *Petits barrages en terre*, 1991 ; ROYET, 1994 ; DURAND *et al.*, 1999 ; CIRAD/AGROMISE/CTA, 2000 ; DEGOUTTE, 2002).

Stratégie d'étude

La problématique

La péjoration climatique durable et prononcée, jointe à l'évolution de l'occupation des sols et des états de surface, se traduit pour les petits bassins versants d'Afrique de l'Ouest et leurs bas-fonds par des altérations sensibles de la disponibilité de la ressource en eau, tant au niveau de sa quantité que de sa qualité. Les petits barrages, qui y sont situés, sont voués régulièrement à connaître des problèmes de pollutions plus ou moins sévères (eutrophisation, salinisation, accumulation des biocides épandus sur les bassins versants, sédimentation, etc.), quand ce ne sont pas les conditions mêmes de leur remplissage qui ne sont pas assurées (déficit pluviométrique ou mauvais dimensionnement). La concentration en grand nombre de ces retenues sur certains grands bassins versants suscite en outre de nombreuses interrogations quant à leur impact sur le régime hydrologique des cours d'eau, voire sur les dynamiques climatiques régionales.

Leur implantation dans des zones relativement fertiles (les bas-fonds) et la constitution d'un réservoir d'eau généralement pérenne en situation pluviométrique normale confèrent aux petits barrages un potentiel agricole réel, encore insuffisamment exploité, et souvent conflictuel avec l'usage pastoral qui leur était initialement attribué. La valorisation halieutique de ce type de masse d'eau représente par ailleurs une opportunité importante, tant au travers des revenus espérés de cette exploitation qu'au niveau des ressources protéiques mises à la disposition des populations.

Diversification, ressources alimentaires et revenus nouveaux, produits attendus et justifications politiques de ces aménagements, requièrent l'intégration de ces petits barrages dans les paysages et leur insertion véritable dans les systèmes de production des régions rurales concernées. La diversité des usages et la pluralité des acteurs impliqués constituent cependant de véritables défis, qu'il s'agisse de l'identification des bénéficiaires réels de l'aménagement et (ou) des consignes de gestion à mettre en œuvre pour en optimiser la productivité.

D'un tout autre point de vue, ces réservoirs constituent des sites dynamiques où les modifications du milieu consécutives aux aménagements sont susceptibles de déboucher sur la prolifération d'espèces biologiques localement nouvelles, parmi lesquelles les vecteurs ou hôtes-intermédiaires de maladies parasitaires redoutables (bilharzioses, paludisme et arboviroses notamment). Pour ce qui concerne particulièrement les bilharzioses (schistosomiasis), la transmission parasitaire est obligatoirement basée sur les contacts homme – eau. Les risques de contamination des populations humaines, tout dépendants qu'ils soient de l'infestation plus ou moins prononcée des peuplements de mollusques, hôtes intermédiaires, sont donc avant tout inféodés aux modalités d'accès de ces populations aux plans d'eau.

De fait, si le contexte bioclimatique conditionne l'aire de répartition potentielle du vecteur (de l'hôte intermédiaire), c'est le comportement de l'homme et ses pratiques d'utilisation et de gestion des milieux – en l'occurrence les petits barrages – qui déterminent les modalités de transmission des parasites au sein d'un espace déterminé, et donc l'ampleur des risques encourus.

Pratiquement, la création *par l'homme pour l'homme* de ces multiples collections d'eau ne bouscule pas simplement les écosystèmes, elle affecte aussi les sociosystèmes. À ce titre, les enjeux de développement liés aux petits barrages constituent, dans leur diversité, un problème d'environnement : les problèmes posés sont tout à la fois des « problèmes naturels à dimension sociale et des problèmes de société à dimension naturelle » (JOLLIVET et PAVÉ, 1993).

C'est de cette double nature que la recherche a tenté de rendre compte, et c'est à ce titre qu'une approche intégrée s'est imposée et justifiée : l'approche environnementale de l'impact des aménagements sur les sociétés humaines appelait implicitement une approche naturaliste, au niveau des caractéristiques fonctionnelles et de l'écologie des masses d'eau et de leurs peuplements, et une approche socio-anthropologique, qui passait nécessairement par une connaissance des sociétés concernées et de leurs éléments régulateurs.

Petits, nombreux et dispersés : les nécessaires changements d'échelle

La surface de la plupart des petits barrages ne dépasse guère quelques hectares. À l'échelle régionale, leur petite taille leur confère, individuellement et intrinsèquement, une importance minime, tandis qu'à l'échelle locale des communautés riveraines, la présence du barrage et l'utilisation

de ses ressources ne sont jamais anecdotiques. À l'échelle régionale, la faible contribution relative de chacune de ces pièces d'eau est compensée par leur grand nombre, tout en étant modulée par leur dispersion, facteur et vecteur de diversité au sein d'un espace hétérogène.

Objets d'aménagements du territoire, destinés à mailler l'espace d'un réseau de sites productifs, c'est à l'échelle *globale* que décideurs et développeurs souhaitent évaluer le rôle joué par les petits barrages dans les dynamiques régionales. À cette démarche politique explicite et généralisée, fait écho la demande des opérateurs privés comme publics concernés *localement* par ce type d'aménagements.

Toutefois, ni à cette échelle régionale ni aux échelles locales, les impacts réels des petits barrages, en termes de bénéfices comme de risques, n'avaient jusqu'à présent été valablement estimés.

Le programme Petits Barrages s'est ainsi attaché à une meilleure perception des réalités générées par la mise en place de ces écosystèmes artificiels, dans la perspective d'une amélioration des conditions de leur valorisation et de la gestion de ressources diverses dans un contexte multi-usages.

Une difficulté majeure des études entreprises résidait toutefois dans la nécessaire prise en compte de plusieurs échelles d'analyses (du local au régional), et si possible, dans la mise en œuvre de passerelles permettant d'interpréter efficacement les résultats acquis à chacune des échelles.

Le projet a volontairement limité sa zone d'investigation à la région centrale du nord du pays et s'est principalement focalisé sur les aménagements de petite taille voués initialement au pastoralisme, à savoir les barrages Sodepra des départements de Korhogo et de Ferkéssédougou où leur densité est la plus élevée.

Les études y ont été explicitement organisées en référence à trois échelles d'observations et d'analyses (encadré n° 2).

Le déroulement du programme Petits Barrages s'est ainsi structuré autour de la mise en œuvre de différentes approches thématiques (Cecchi, 1998), centrées sur l'étude :

- des modalités de mise en valeur et de gestion des ressources et des aménagements ;
- des milieux humains et de leurs réponses aux conditions nouvelles découlant des aménagements ;
- de la situation sanitaire et de son évolution ;
- des caractéristiques écologiques et de la productivité halieutique associée aux écosystèmes aquatiques constitués.

Pour cela, des données d'origines diverses ont été collectées à plusieurs échelles d'espace et de temps, soit par enquête ou échantillonnage, soit par analyse cartographique, utilisation d'imagerie satellitaire, compilation de bases de données préexistantes, etc.

Les petits barrages de la Côte d'Ivoire : stratégie d'étude(*)

*Un faisceau d'études thématiques et d'approches disciplinaires
organisées selon trois échelles complémentaires :*

1/ ÉCHELLE RÉGIONALE (217 SITES)

Des analyses synoptiques pour une évaluation exhaustive

- Inventaire et caractéristiques des aménagements
- Occupation de l'espace et conséquences hydrologiques

2/ ÉCHELLE LOCALE (5 A 8 SITES)

Des études longitudinales et des approches monographiques

- Paramétrisation hydrologique
- Productivité et structuration des réseaux trophiques
- Peuplements de poissons et exploitation halieutique
- Peuplements de mollusques et risques pathogènes
- Communautés riveraines, utilisation et gestion des écosystèmes

3/ ÉCHELLE INTERMÉDIAIRE (49 SITES)

Un passage unique et une image de l'hétérogénéité

- Bassin versant et occupation de l'espace
- Productivité des écosystèmes
- Modalités d'appropriation
- Exploitation halieutique
- Usage pastoral et valorisation maraîchère

Pour une finalité unique et un objectif focalisé sur :

- un état des lieux quantifié et spatialisé
- une image argumentée de la diversité des situations et de ses causes
- une évaluation des potentiels halieutiques et épidémiologiques
- une identification des bénéfices et des risques à gérer

(*) Animateur du projet Petits Barrages en Côte d'Ivoire :
Philippe Cecchi (cecchi@ird.bf)

Encadré n° 2
Le programme Petits Barrages
en Côte d'Ivoire (CECCHI, 1998).
Voir en annexe la liste
et les caractéristiques
des 217 réservoirs étudiés.

Aux échelles locales et sur un petit nombre de sites, des études longitudinales ont été conduites à des fins d'analyse des processus physiques et biologiques et de réalisation de monographies. Elles ont permis, d'une part, de préciser les principaux traits liés au fonctionnement des écosystèmes et aux dynamiques de production et d'exploitation des ressources diverses (pêche, agriculture irriguée, pastoralisme), et, d'autre part, de mettre en évidence le rôle potentiel que ces aménagements jouent dans l'entretien ou l'émergence de pathologies dites eau-dépendantes, les bilharzioses en premier lieu.

Une vaste opération transversale a par ailleurs été réalisée lors d'un passage unique sur une cinquantaine de sites afin d'appréhender au sein d'un même contexte régional la diversité des situations rencontrées et d'initier, en regard des thématiques privilégiées, une analyse typologique de cette hétérogénéité.

Enfin, plusieurs travaux ont été conduits à l'échelle régionale dans une perspective de caractérisation des contextes environnementaux et humains. Deux jeux de scènes Landsat TM (1986 et 1994) ont été traités (inventaire et géoréférencement des aménagements, analyse des dynamiques d'occupation des sols) et diverses enquêtes de terrain ont été réalisées en vue d'une description d'ensemble des sites.

Les principaux résultats obtenus durant la réalisation de ce programme de recherches ont été présentés à l'occasion d'un séminaire organisé à Grand-Bassam, en Côte d'Ivoire, en novembre 1998.

L'ouvrage reprend les contributions actualisées les plus significatives exposées lors de ce séminaire. Il est organisé en trois chapitres, « Les Milieux », « Les Ressources » et « Les Hommes » consacrés respectivement :

- aux aménagements et à leurs caractéristiques fonctionnelles et écologiques ;
- aux peuplements qui les colonisent ;
- aux conditions – positives comme négatives – de mise en valeur des ressources diverses qu'ils contribuent à générer.

Ces travaux ont pu se développer grâce à la collaboration d'intervenants divers, tant par leur origine institutionnelle que par la nature et l'orientation de leurs engagements scientifiques : CNRA, CEMV et IPR de Bouaké ; CRO d'Abidjan ; universités de Bouaké et d'Abidjan ; IRD d'Abidjan et de Montpellier ; université Paris-1 Panthéon-Sorbonne ; EHES de Marseille.

Une attention particulière a par ailleurs été portée tout au long du déroulement de ce programme de recherches à l'accueil, à l'accompagnement

et à la formation : au total, 13 mémoires de maîtrise ou d'ingénieur et 10 mémoires de DEA ont été rédigés tandis que 6 doctorats ont été soutenus.

Que tous ces intervenants, à qui ce travail appartient, soient ici remerciés.

Réserves et perspectives

Même si – et peut-être surtout – parce que du temps a passé depuis la réunion de Grand-Bassam, et que bien des événements sont venus secouer la république ivoirienne, il nous paraît encore plus utile aujourd'hui de mettre au grand jour les principaux enseignements tirés de ce programme de recherches. Les terroirs du nord du pays sont au centre des études présentées ici. Ces régions, particulièrement singularisées actuellement au sein du territoire national, puisque séparées du sud du pays par une ligne qui coupe le pays en deux, expriment une frustration latente depuis de nombreuses années. Cette marginalité demeure dans le discours officiel. Quand, après les accords de Marcoussis, Laurent Gbagbo affirme dans son discours à la Nation du 8 février 2003, que la Côte d'Ivoire « continue de vivre normalement » amputée d'une bonne moitié de son territoire mais qui ne représente que 10 % de l'outil de production du pays, le Président semble faire peu de cas des régions de savanes ivoiriennes. Les grandes centrales de production, rémunératrices pour un État esseulé, sont certes toutes concentrées dans les régions méridionales du pays.

Il n'en apparaît alors que plus opportun de mettre en exergue le tissu d'infrastructures originales et opérationnelles que constituent les petits barrages du nord du pays, *a fortiori* dans le contexte d'insécurité et de vulnérabilité encore accru par la crise actuelle des populations qui y résident.

L'expérience ivoirienne relatée dans les chapitres suivants peut s'appréhender de deux façons différentes : d'abord comme l'évocation d'une situation singulière, celle de ce pays, de ses acteurs, de ses contingences. Sans revenir sur l'actualité récente, comment ne pas s'interroger sur ce qui se passe, aujourd'hui, autour des petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire ?

Les temps d'observation relatés dans cet ouvrage sont courts, bien inférieurs au demeurant à la temporalité des vastes changements globaux (qu'ils soient politiques ou climatiques) qui contraignent les dynamiques locales. Cela invite peut-être à relativiser les enseignements tirés des études qui ont été conduites sous la bannière de ce programme de recherches : il arrive que les barrages ne se remplissent pas ; il arrive que

les ouvrages cèdent ; il arrive que les coûts d'opportunité changent, qu'une frontière se ferme, que des populations se déplacent...

La ville de Bouaké croulait sous les laitues et les tomates durant la saison sèche 2003, faute de pouvoir écouler ses stocks vers Abidjan : que penser dans ces conditions du dynamisme des activités maraîchères dans les zones de production et en particulier autour des petits barrages du nord du pays ?

Ensuite, et hors des contingences et spécificités associées au contexte ivoirien, l'expérience relatée ici peut également être perçue comme une illustration (dans le nord de la Côte d'Ivoire) d'une situation désormais largement répandue dans de nombreuses régions et sur divers continents. Si les enseignements tirés des études réalisées ne sont probablement pas directement transposables ailleurs, les questionnements sont en revanche partagés (voir par exemple FUSTEC et LEFEUVRE, 2000).

À ce titre, les textes qui suivent, en s'attachant à l'étude des relations entre « nature » et (espaces de) production, et entre enjeux de productions et de reproductions (des sociétés, des ressources...) peuvent prétendre à une portée plus générale.

Ces relations et ces enjeux s'inscrivent dans la double échelle des réalités locales (les lieux d'implantation des aménagements) et des espaces (territoires régionaux) où ils se développent. Cette seconde échelle est au cœur de nombreuses études qui se développent actuellement, notamment sous l'égide du *Challenge Program on Water and Food*. Échelle de l'intervention, échelle de l'aménagement du territoire, échelle de décision, échelle encore d'évaluation, la dimension régionale des « ensembles de réservoirs » qui maillent désormais les espaces ruraux des savanes ouest-africaines (au Burkina Faso, au Mali, au Ghana, etc.) est devenue aussi l'échelle de résolution adoptée pour leur étude.

On pense souvent que la demande pour la création de nouveaux réservoirs est d'autant plus élevée que la densité de réservoirs déjà existants dans la région est elle-même élevée. Les réseaux hydrographiques étant par définition limités, les nouvelles constructions viendront fréquemment se positionner en cascade sur le réseau. De nouvelles questions vont alors se poser :

- quels sont les liens qui unissent « métabolisme » et productivité des écosystèmes et position sur le réseau hydrographique ?
- quel est le bénéfice réel à espérer d'un nouvel ouvrage en regard des pertes en eau liées à l'évaporation que le miroir d'eau va favoriser ?

– quel est l'impact de ce nouvel ouvrage sur les services, les bénéfiques et les risques associés à d'autres réservoirs déjà présents sur le réseau ?

Si ces nouvelles questions ne trouvent pas forcément de réponses dans les chapitres qui suivent, du moins les expériences relatées leur donneront-elles corps.

D'autres, ailleurs, s'attacheront à y répondre, et nous espérons que les enseignements tirés de cet ouvrage les accompagneront dans leur démarche.

Philippe CECCHI

Alexis YTE WONGBÉ

R é f é r e n c e s

ANCEY V., 1997 – « Les Peuls transhumants du Nord de la Côte d'Ivoire entre l'État et les paysans : la mobilité en réponse aux crises ». In CONTAMIN B., MEMEL-FOTE H. (éd.) : *Le modèle ivoirien en question. Crises, ajustements, recompositions*. Paris, Karthala/IRD : 669-87.

AUBERTIN C., 1983 – Histoire et création d'une région sous-développée : le Nord ivoirien. *Cahiers Orstom, Série Sciences Humaines*, 19 (1) : 23-57.

BERTON S., 1988 – *La maîtrise des crues dans les bas-fonds. Petits et microbarrages en Afrique de l'Ouest*. GRET, ACCT, AFVP, ministère de la Coopération et du Développement, Paris, Coll. Le point Sur, n° 12, 360 p.

CECCHI P., 1998 – De la construction d'un objet pluridisciplinaire : les Petits Barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. *Natures Sciences Sociétés*, 6 (2) : 73-83.

CIRAD/AGROMISE/CTA, 2000 – *La mare abreuvoir : petit guide de gestion*. Agrodok n° 27, 72 p.

DE SURGY A., 1983 – *La divination par les huit cordelettes chez les Mwaba-Gurma (Nord Togo)*. Tome 1 : *Esquisse de leurs croyances religieuses*. Paris, L'Harmattan, 328 p.

DEGOUTTE J. (coord.), 2002 – *Petits barrages, recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi*. Paris, Cemagref Éditions, CDRom.

DUBRESSON A., RAISON J.-P., 1998 – *L'Afrique subsaharienne. Une*

géographie du changement. Paris, Armand Colin, 248 p.

DURAND J.-M., ROYET P., MERIAUX P., 1999, mise à jour 2002 – *Technique des petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale*. Paris, Cemagref Éditions, 415 p.

FUSTEC E., LEFEUVRE J.-C., 2000 – *Fonctions et valeurs des zones humides*. Paris, Dunod, 426 p.

IDESSA, 1992 – *Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du Nord de la Côte d'Ivoire. Rapport préliminaire*. Projet «Petits Barrages», CI/CRDI, CNRA, Bouaké, 181 p.

Inventaire des retenues et barrages de Côte d'Ivoire, 1992 – Direction des grands travaux, Abidjan, 151 p. + annexes.

- JOLLIVET M., PAVÉ A., 1993 – L'environnement, un champ de recherche en formation. *Natures Sciences Sociétés*, 1 (1): 6-20.
- LAVIGNE DELVILLE P., BOUCHER L., 1996 – *Les Bas-Fonds en Afrique Tropicale Humide. Guide de diagnostic et d'intervention*. Paris, GRET, Ministère de la Coopération, CTA, 416 p.
- MALLET C., PAQUANT J., 1951 – *Les Barrages en Terre*. Paris, Éditions Eyrolles, 336 p.
- MARZOUK Y., 1989 – Sociétés rurales et techniques hydrauliques en Afrique. *Études Rurales*, 115-116 : 9-36.
- OWEIS T., PRINZ D., HACHUM A. 2001 – *Water harvesting. Indigenous knowledge for the future of drier environments*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syrie.
- Petits barrages en terre. Étude et construction*. 1991 – Paris, Lavoisier, Série Hydraulique agricole (épuisé).
- REIJ C., SCOONES I., TOULMIN C., 1996 – *Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique*. Paris, Karthala, CDCS, CTA, 355 p.
- ROYET P., 1994, mise à jour en 2002 – *La surveillance et l'entretien des petits barrages : guide pratique*. Paris, Cemagref Éditions, 87 p.
- SNRECH, S., 1994 – *Pour préparer l'avenir de l'Afrique de l'Ouest : une vision à l'horizon 2020. Synthèse de l'étude des perspectives à long terme de l'Afrique de l'Ouest (WALTPS)*. OCDE/BAD/CILSS, SAH/(94)439, Cirad, Montpellier, 65 p.
- ZEPPENFELDT T., VLAAR J. C. J., 1990 – *Mise en valeur des bas-fonds en Afrique de l'Ouest. Synthèse préliminaire de l'état des connaissances*. Comité Interafricain d'Études hydrauliques, CIEH, Ouagadougou, 137 p. + annexes.

Annexe

Localisation et caractéristiques des 217 petits barrages inventoriés

(enquêtes : T. Le Guen, D. Corbin et F. Paris, mai 1997)

Année de construction : selon les riverains.

Digues : Latitude et longitude en degrés, minutes, secondes ; longueur (L) et largeur (l) en mètres.

Déversoirs : largeur (l) en mètres ; état : 1) mauvais, 2) : moyen, 3) : bon.

Usages des plans d'eau : 1) avéré ; 0) non constaté.

Nom	An. construction	Digues				Déversoir(s)		Usages du plan d'eau		
		Latitude (N)	Longitude (O)	L (m)	l (m)	largeur (m)	État	Pastoral	Domestique	Agricole
Adamavogo	1979	10:13:40	5:42:49	190	3,5	23,4	2	1	1	1
Bakarivogo		9:44:28	5:10:39	230	3,0	22,0	1	1	1	1
Bana	1983	9:01:08	5:52:04	135	3,0	21,4	1	1	1	1
Banvogo	1996	10:22:58	5:33:51	100	2,1	10,0	3	1	1	0
Béwolovogo	1996	10:08:49	5:20:06	266	3,5	31,0	3	1	1	1
Binguébougou	1985	9:31:30	5:48:01	269	4,2	29,3	1	1	1	0
Bodonon	1985	9:48:30	5:53:57	154	3,5	35,2	2	1	1	1
Bougou	1983	10:13:34	5:52:53	116	2,8	12,3	1	1	1	0
Bougounougo	1997	9:54:26	6:06:10	245	3,5	20,3	3	1	1	1
Dabavogo	1986	10:07:01	5:19:42	233	3,0	23,4	3	1	1	1
Dagadougou	1987	9:35:19	5:06:52	191	4,2	15,0	2	1	1	0
Dagba	1985	9:14:40	5:58:10	190	4,0	20,0	3	1	1	1
Dalangbo		9:04:35	5:37:38	147	3,5	40,0	2	1	1	0
Diarratiévogo	1981	9:59:57	5:15:17	266	2,5	28,5	3	1	1	1
Diawala	1980	10:06:36	5:26:59	187	3,0	23,6	3	1	1	1
Diébékaha		9:12:04	5:32:11	125	3,0	15,0	2	1	0	0
Diégon village		9:03:06	5:41:50	105	2,0	3,0	1	1	0	0
Diégon 1		9:01:12	5:41:42	100	2,0	6,0	2	1	0	0
Diéllé	1995	10:11:13	5:42:15	141	3,5	15,4	1	1	1	1
Dikodougou	1983	9:02:44	5:46:06	129	1,5	24,5	1	1	1	0

Nom	An. construction	Digues				Déversoir(s)		Usages du plan d'eau		
		Latitude (N)	Longitude (O)	L (m)	l (m)	largeur (m)	État	Pastoral	Domestique	Agricole
Diogonakaha 1		9:21:16	5:08:13	84	1,5	1,0	1	1	1	0
Diogonakaha 2		9:22:34	5:07:02	210	3,5	15,0	3	1	0	0
Djélisso		10:12:38	5:22:37	270	2,8	10,5	1	1	1	0
Djérioulé	1986	9:33:31	5:00:01	231	3,5	15,0	1	1	1	0
Dopévogo		10:19:49	5:27:55	196	3,5	29,0	2	1	1	0
Dotiévoogo 1	1993	10:19:19	5:30:53	173	3,5	26,4	1	1	1	0
Dotiévoogo 2		10:18:14	5:31:52	75	2,5	5,0	1	1	1	0
Dotiévoogo 3		10:18:34	5:29:47	125	2,5	13,5	1	1	1	0
Doufovogo	1985	9:40:03	5:15:21	184	3,5	15,0	2	1	1	1
Dovogo 1	1996	10:21:15	5:32:37	217	5,0	33,0	3	1	1	0
Dovogo 2		10:08:43	5:25:32	221	2,8	9,0	1	1	1	0
Draminitiévoogo	1986	10:09:45	5:43:39	239	3,5	23,0	1	1	1	0
Fapaha	1992	9:29:22	5:50:17	293	4,2	35,0	2	1	1	1
Faranikan	1980	9:37:14	5:34:50	225	3,5	22,0	2	1	1	0
Flanakaha	1985	9:17:55	5:36:25	129	2,8	21,2	1	1	0	0
Fononvogo	1985	9:40:44	5:33:01	235	3,5	22,5	2	1	1	1
Foubévogo		10:07:19	5:41:25	182	4,0	28,0	3	1	1	1
Foungolovogo	1986	10:03:15	5:16:41	208	2,0	32,0	2	1	1	1
Gbinzo 1	1986	10:13:46	5:30:09	270	4,0	25,0	1	1	1	1
Gbinzo 2		10:03:18	5:16:39	203	2,1	25,0	2	1	1	1
Gboyo	1986	9:26:35	5:07:53	221	3,0	26,0	3	1	1	0
Guiembé	1984	9:13:30	5:43:03	170	3,0	10,0	2	1	1	1
Guiembé vieux	1981	9:15:22	5:43:29	135	2,1	20,0	1	0	1	1
Kabékaha		9:56:13	5:33:33	228	3,0	17,0	1	1	1	0
Kaboulou	1996	9:55:05	6:09:21	285	3,5	38,5	3	1	1	0
Kadioha	1983	8:57:16	5:55:43	150	3,0	5,0	2	1	1	0
Kadougnonvogo 1		10:04:59	5:41:29	130	4,2	17,0	1	1	0	0
Kadougnonvogo 2	1988	10:03:59	5:42:10	190	3,5	18,0	2	1	0	0
Kalakala	1988	9:27:15	4:56:08	189	3,5	24,5	1	1	1	0
Kalilé	1987	10:15:58	5:34:16	196	3,5	26,0	2	1	1	1
Kaloa 1	1983	10:00:37	6:02:32	175	2,1	10,5	2	1	1	1
Kaloa 2	1983	10:00:20	6:03:19	161	7,7	14,0	2	1	1	1
Kaniéné		10:11:01	6:02:46	169	3,5	21,4	2	1	1	1

Nom	An. construction	Digues				Déversoir(s)		Usages du plan d'eau		
		Latitude (N)	Longitude (O)	L (m)	l (m)	largeur (m)	État	Pastoral	Domestique	Agricole
Kanihoua	1984	9:42:24	6:04:34	216	3,5	17,5	2	1	1	1
Kanofa	1995	10:00:25	6:04:53	144	4,2	21,0	2	1	1	1
Kanoroba	1985	9:08:45	6:08:38	200	3,0	10,0	1	1	0	1
Kaono	1993	10:12:30	5:41:05	169	2,1	11,5	1	1	1	1
Kaouara GVC	1996	10:06:16	5:12:45	173	2,5	34,3	3	1	1	0
Kaouara 1		10:03:50	5:12:33	173	4,2	14,0	1	1	0	0
Kaouara 2	1980	10:05:01	5:11:38	174	2,8	2,0	1	1	1	0
Kapeé 1		10:10:12	5:41:05	174	3,0	25,0	3	1	1	0
Kapeé 2	1987	10:10:11	5:41:08	164	2,8	22,7	1	1	1	0
Kapeleyékaha	1987	9:28:15	5:10:48	216	3,5	20,0	1	1	1	0
Kapréme 1	1983	9:08:52	5:44:32	156	3,0	20,0	3	0	1	1
Kapréme 2		9:08:51	5:44:22	123	4,0	10,0	1	0	1	1
Kasiongokoro 1		9:56:48	5:48:50	214	3,5	28,0	1	1	1	1
Kasiongokoro 2	1997	10:06:05	5:44:12	189	3,5	15,0	3	1	0	0
Kassalgué	1987	9:55:43	6:01:31	184	2,8	23,3	2	1	1	1
KassiongoKoro 3	1979	10:07:44	5:42:57	207	3,5	56,0	3	1	0	0
Katégué	1987	9:33:59	5:51:46	205	3,0	41,7	3	1	1	0
Katiali	1983	9:48:45	5:57:09	316	4,9	16,6	3	1	1	1
Katiali privé		9:49:49	5:56:25	219	3,5	23,7	1	1	1	1
Katogo village	1983	10:08:47	6:07:28	238	2,8	20,6	2	1	1	1
Katogo 2	1982	10:09:18	6:06:42	106	3,5	14,4	1	1	1	0
Katonon 1	1979	10:02:15	5:37:25	91	3,5	10,5	1	1	1	0
Katonon 2	1994	10:01:55	5:39:34	165	3,5	30,0	2	1	1	0
Kawouavogo		9:40:51	5:34:57	470	7,0	6,0	2	1	0	0
Kié mou GVC		9:02:16	5:34:14	115	2,0	23,4	3	1	1	0
Kié mou Koko		9:05:14	5:35:06	104	3,0	16,7	2	1	1	0
Kié mou village		9:03:48	5:33:22	105	3,0	6,0	1	1	1	1
Kofiplé		9:58:34	5:33:38	161	3,5	7,0	2	1	0	0
Kogballa		9:05:16	5:31:26	85	2,0	6,0	1	1	0	0
Kogodian		9:46:31	5:19:27	175	2,8	35,0	2	1	1	0
Kokaha	1996	9:17:35	5:30:14	53	3,5	50,0	3	1	1	1
Koko Comité		9:06:12	5:33:06	135	2,2	23,5	1	1	1	1
Koko GVC		9:07:02	5:37:12	140	4,0	25,0	2	1	1	0

Nom	An. construction	Digues				Déversoir(s)		Usages du plan d'eau		
		Latitude (N)	Longitude (O)	L (m)	l (m)	largeur (m)	État	Pastoral	Domestique	Agricole
Koliani	1997	10:05:10	6:08:19			0,0				
Kombolokoura 1		9:20:59	5:54:42	280	3,0	20,0	3	1	1	1
Kombolokoura 2		9:17:36	5:53:42	155	4,0	10,0	1	1	1	0
Kombolokoura 3		9:19:30	5:53:52	135	3,5	17,0	1	1	0	0
Komborokoro		9:26:14	5:59:45	193	3,5	24,5	3	1	1	1
Komon		9:44:43	5:56:45	145	4,9	26,4	2	1	1	1
Korobélékaha		9:32:32	5:11:14	250	3,0	20,0	3	1	1	0
Korokara Nord		9:54:27	5:37:36	226	4,2	7,0	1	1	1	1
Korokara Palmier		9:49:18	5:31:54	170	2,5	15,0	1	1	1	1
Korokara Serpent		9:51:38	5:36:14	174	2,0	57,5	3	1	1	0
Korokara Sud		9:52:33	5:38:09	193	2,0	16,0	1	1	1	1
Korokara Temitière		9:54:45	5:36:44	225	3,0	22,5	3	1	1	1
Korologo		10:01:36	5:46:58	213	3,5	27,0	1	1	1	1
Koronani 1	1983	10:23:58	5:36:58	194	3,5	25,0	2	1	1	0
Koronani 2	1991	10:23:31	5:37:23	104	1,4	10,8	1	1	0	0
Kouroukrosso	1988	9:29:14	4:57:04	147	3,5	21,0	1	1	1	0
Lagbinvogo	1987	9:36:44	4:59:23	210	3,5	15,0	1	1	1	0
Lamékaha 3	1986	9:21:22	5:02:07	245	2,8	11,2	1	1	1	0
Lassologo		9:35:16	5:06:53	225	3,0	25,0	2	1	1	0
Legoun	1986	9:57:35	6:05:47	221	2,8	21,0	1	1	0	0
Lofélé 1		10:01:45	5:28:14	75	2,0	7,0	1	1	1	0
Lofélé 2		10:01:20	5:28:32	105	1,5	5,0	1	1	1	0
Logonzo		10:01:42	5:23:21	186	3,5	27,0	2	1	1	0
Logouvogo		9:38:31	5:14:43	252	2,8	35,0	3	1	1	1
Loukpan	1986	9:38:11	6:04:29	245	2,1	14,7	2	1	1	1
Mambiadougou 1	1988	10:06:52	5:07:10	201	3,0	34,0	3	1	1	1
Mambiadougou 2		10:06:49	5:07:14	193	2,8	28,0	2	1	1	0
Manourou		9:38:55	5:00:18	285	2,7	17,5	3	1	1	0
Masseguéré	1994	9:55:55	6:10:29	236	3,5	30,1	2	1	1	0
M'Balla	1983	9:22:02	6:03:09	301	3,5	29,3	1	1	1	0
M'Bengué	1983	10:01:14	5:53:05	200	2,8	23,0	1	1	1	1
Métourou	1997	10:07:33	6:10:17	257	2,8	48,2	3	0	0	0
Mibrigué	1984	9:17:11	5:47:20	129	1,4	12,6	1	1	1	0

Nom	An. construction	Digues				Déversoir(s)		Usages du plan d'eau		
		Latitude (N)	Longitude (O)	L (m)	l (m)	largeur (m)	État	Pastoral	Domestique	Agricole
Moura	1984	10:16:05	5:28:39	190	3,0	19,0	1	1	1	1
Nafoun	1986	9:49:25	5:49:12	210	3,5	28,0	2	1	1	1
Nalého	1986	10:18:21	5:43:51	138	2,8	26,0	2	1	1	1
Nalogo	1987	10:07:44	5:42:55	182	6,0	30,0	2	1	1	0
Nambengué	1980	10:03:14	5:19:02	248	3,8	53,0	3	1	1	1
Nambira	1986	10:06:54	5:53:19	231	3,5	15,0	1	1	1	1
Nambonkaha	1995	9:43:56	5:09:37	162	4,0	21,0	3	1	1	1
Nangavogo		10:08:55	5:23:59	209	4,5	17,0	1	1	1	1
Napiéléougou	1985	9:16:06	5:35:18	140	4,0	0,0		0	1	1
Nerkené	1983	9:05:48	5:43:55	161	3,0	17,4	2	1	1	0
N'Gandama 1	1986	10:15:37	5:55:11	121	4,2	29,5	1	1	0	0
N'Gandama 2	1986	10:14:38	5:55:27	240	4,2	55,5	2	0	0	0
N'Gandama 3	1996	10:11:48	5:55:54	124	3,5	24,5	3	1	1	0
N'Ganon	1985	9:41:39	6:00:04	231	2,1	16,0	2	1	1	1
Niangbarasso	1986	10:10:26	5:38:48	192	3,5	24,0	2	1	1	0
Nidiengbala	1994	10:03:06	6:03:34	151	3,5	17,5	3	1	1	1
Nidienkaha		10:04:33	6:05:24	117	3,5	22,0	1	1	1	0
Niellé	1983	10:12:24	5:37:18	188	4,0	17,0	3	1	1	1
Niellévogo		10:02:56	5:20:25	190	2,8	20,0	1	1	1	1
Niofoin village	1997	9:38:04	6:06:01	266	3,5	10,5	3	1	0	0
Nionzévgogo		10:11:45	5:33:33	104	3,0	14,5	1	1	1	0
Nioronigué		9:58:57	5:13:03	170	2,8	2,0	1	1	1	0
Nito		10:11:59	5:31:28	263	3,0	25,6	1	1	1	1
Nogokataha	1983	9:10:51	5:50:59	235	4,0	15,0	2	1	1	1
Nongon	1986	10:09:00	5:49:46	198	3,5	21,0	1	1	0	0
Noumousso Kpassola		10:06:25	5:08:28	137	2,8	23,0	3	1	1	0
Odia	1983	9:24:08	6:09:13	182	1,4	25,0	2	1	1	1
Ouaméloro 1	1983	10:19:50	5:34:25	147	4,2	23,0	1	1	1	1
Ouaméloro 2		10:18:36	5:36:30	151	3,5	20,3	1	1	1	0
Ouarga 1	1986	10:24:32	5:34:14	250	4,2	30,2	1	1	1	1
Ouorosantiakaha	1987	9:42:50	5:04:00	215	2,1	21,4	3	1	1	1
Peguékaha	1996	9:29:19	5:25:28	270	4,0	38,8	3	1	1	1
Penafigué	1985	9:15:06	5:31:15	180	3,5	24,4	1	1	1	1

Nom	An. construction	Digues				Déversoir(s)		Usages du plan d'eau		
		Latitude (N)	Longitude (O)	L (m)	l (m)	largeur (m)	État	Pastoral	Domestique	Agricole
Pimakaha	1995	9:15:47	5:29:34	103	2,8	24,7	3	1	1	1
Pitiengomon	1984	9:45:43	6:03:02	259	2,1	21,0	2	1	1	1
Pitiengomon 2	1984	9:44:58	6:04:26	218	1,4	21,0	1	1	1	1
Plohoun	1996	10:01:52	5:17:00	238	3,5	33,7	3	1	1	1
Pofoun vieux		10:21:38	5:42:23	80	2,1	10,6	1	1	1	0
Pofoun 2	1988	10:21:26	5:42:18	224	3,5	34,5	1	1	1	1
Pogo village	1983	10:26:42	5:38:17	178	4,9	18,0	1	1	1	0
Pogo 2		10:26:13	5:37:25	135	3,2	11,5	1	1	1	1
Pokaha		9:25:59	5:32:34	155	2,0	20,0	2	1	0	0
Poundia	1983	9:02:05	5:47:00	120	2,0	10,0	1			
Sambakaha	1983	9:24:13	5:06:21	268	3,0	25,0	2	1	1	1
Sandregué	1984	10:02:37	5:48:43	189	5,0	14,5	1	1	1	1
Seguébé 1	1985	9:06:37	5:53:42	171	2,8	13,0	1	1	1	0
Seguébé 2	1997	10:09:59	6:04:43	267	2,8	37,0	3	1	0	0
Seguékiélé	1986	9:29:38	6:06:53	242	2,1	31,5	2	1	1	1
Sekonkaha	1994	9:54:42	5:49:08	175	4,2	14,0	1	1	1	1
Sekouélé	1983	9:14:23	6:02:56	200	2,0	25,0	3	1	1	1
Seniono		9:43:06	5:18:41	130	4,2	20,0	2	1	1	1
Siakavogo 1	1986	10:22:01	5:31:14	174	4,5	29,0	2	1	1	1
Sinématiali 96	1996	9:35:38	5:24:03	217	4,0	32,0	3			
Sinématiali 97	1997	9:32:06	5:21:38	50	3,5	8,0	3	0	0	0
Sinématiali nord 1	1997	9:36:53	5:27:13	160	5,0	20,0	3	1	0	0
Sinématiali SODECI		9:34:50	5:23:12	250	7,0	4,0	3	1	1	1
Sirasso 1	1983	9:16:18	6:05:21	200	5,0	10,0	2	1	1	1
Sodepra Embouche		9:24:16	5:13:56	250	2,8	20,0	1	1	1	1
Sogodougou		9:44:12	5:19:32	172	4,2	20,0	2	1	1	1
Sokouraba	1996	10:21:16	5:34:28	208	4,5	37,0	3	1	1	0
Sokourani	1986	10:01:18	5:08:53	154	3,0	24,0	3	1	1	0
Soloniougou	1985	10:07:13	6:04:30	177	2,1	19,0	1	1	1	0
Talléré	1985	9:11:41	6:10:47	105	3,0	10,0	1	1	0	0
Tapéré	1983	9:03:37	5:50:00	100	3,0	5,0	1	1	0	0
Tiaplé	1986	10:05:10	5:23:35	245	4,0	36,8	3	1	1	1
Tiaplé vieux		10:06:10	5:23:30	106	3,5	14,0	1	1	1	1

Nom	An. construction	Digues				Déversoir(s)		Usages du plan d'eau		
		Latitude (N)	Longitude (O)	L (m)	l (m)	largeur (m)	État	Pastoral	Domestique	Agricole
Tidianvogo	1996	10:14:29	5:20:53	259	5,0	35,0	3	1	1	0
Tiébila	1986	9:44:30	5:50:02	151	3,5	19,2	1	1	1	1
Tiécouravogo	1984	9:53:41	5:07:01	240	3,5	20,0	2	1	1	0
Tiégana 1	1982	9:11:02	5:41:40	120	3,0	10,0	3	1	0	0
Tiégana 2		9:12:14	5:43:29	70	2,0	4,0	1	1	0	0
Tiégana 3		9:12:26	5:43:41	85	3,0	4,0	1	1	0	1
Tiégbé	1980	9:40:29	5:18:07	200	4,0	26,0	3	1	1	1
Tiéwovogo		10:06:41	5:22:23	147	4,5	13,0	1	1	1	0
Tiogo 1		10:25:05	5:39:58	132	2,0	4,0	1	1	1	0
Tiogo 2	1997	10:23:30	5:38:44	186	3,5	47,3	3	1	1	0
Tiolélévogo	1993	9:29:34	5:47:27	348	4,2	28,0	2	1	1	1
Tiolo 2	1996	9:55:43	6:05:00	175	3,5	21,0	3	1	1	1
Tiorotiéri	1985	10:03:56	6:11:43	176	3,5	19,0	2	1	1	0
Togoniéré	1983	9:29:35	5:03:25	203	3,5	10,0	1	1	1	0
Tolman		9:40:29	6:00:11	262	3,5	24,1	3	1	1	1
Torla	1981	9:59:15	5:10:47	215	2,0	15,8	3	1	1	1
Toumoukro 1	1980	10:22:17	5:46:32	256	3,5	20,6	1	1	1	0
Vononlogo	1988	10:07:08	6:00:11	159	3,5	18,0	1	1	1	1
Walla		9:57:37	5:23:42			0,0				
Wangari		9:32:33	5:55:43	177	4,0	32,0	3	1	1	1
Yarabélé		9:37:06	5:02:50	168	2,8	11,0	3	1	1	0
Yedjandiékaha	1987	9:20:07	4:57:25	225	2,8	26,0	3	1	0	0
Yeribévogo	1979	10:07:16	5:41:24	184	3,5	24,0	1	1	1	1
Zanaplédougou	1980	10:06:24	5:11:02	105	3,0	22,4	3	1	1	0
Zanbévogo	1996	10:11:42	5:36:00	259	3,5	28,0	3	1	1	0
Zanvogo 1		10:21:00	5:29:46	160	5,0	9,0	2	1	1	1
Zanvogo 2		10:20:54	5:29:14	118	3,0	4,0	1	1	0	0
Zanvogo 3		10:21:08	5:30:54	55	3,5	5,0	1	1	1	0
Zanvogo 4	1993	10:21:26	5:30:44			0,0				
Zelézévogo		9:55:52	5:27:40	207	3,5	10,5	2	1	1	0
Zepévogo 1		10:10:48	5:17:49	153	3,5	14,0	2	1	1	1
Zepévogo 2		10:07:20	5:15:43	128	2,8	21,0	1	1	1	0



Espace
et milieux

▲ Lac de Solomougou.

Introduction

Le nord de la Côte d'Ivoire, un milieu approprié aux aménagements de petite et moyenne hydraulique

De grandes savanes avec des tendances sahéliennes de plus en plus marquées

Située en Afrique de l'Ouest, bordée par le golfe de Guinée sur l'océan Atlantique, la Côte d'Ivoire couvre 322 462 km². Limitée au nord par le Mali et le Burkina Faso, à l'ouest par la Guinée et le Liberia, à l'est par le Ghana, la Côte d'Ivoire épouse plus ou moins la forme d'un quadrilatère. La zone concernée par ce travail est la partie septentrionale du pays, au-delà de 9° de latitude nord, qui est limitée au nord par les frontières burkinabé et malienne, et à l'est et à l'ouest, par les 5° et 7° degrés de longitude ouest (fig. 1).

Il s'agit d'une région essentiellement plane, dont le substratum géologique est constitué de granites calco-alcalins du précambrien. Le modelé général est un ensemble tabulaire de cuirasses ferrugineuses avec des ruptures en douceur provoquées par des guirlandes de collines et de buttes aux reliefs arrondis posées sur des plateaux de hauteurs moyennes (AVENARD *et al.*, 1971). Cette géologie n'est pas favorable à la présence de grands aquifères et les seules réserves importantes d'eaux souterraines se situent dans les fissurations du granite, dans les nappes phréatiques des sédiments alluviaux des grandes rivières (Comoé, haut Bandama et ses affluents nord, haut Sassandra) ou dans des colluvions de marigots de moindre importance.

Le climat de type tropical soudanien à une saison des pluies qui prévaut dans le nord de la Côte d'Ivoire se caractérise par des pluies agressives et irrégulières tombant essentiellement entre mai et octobre avec un maximum en août et un minimum en décembre ou janvier. Les pluviométries

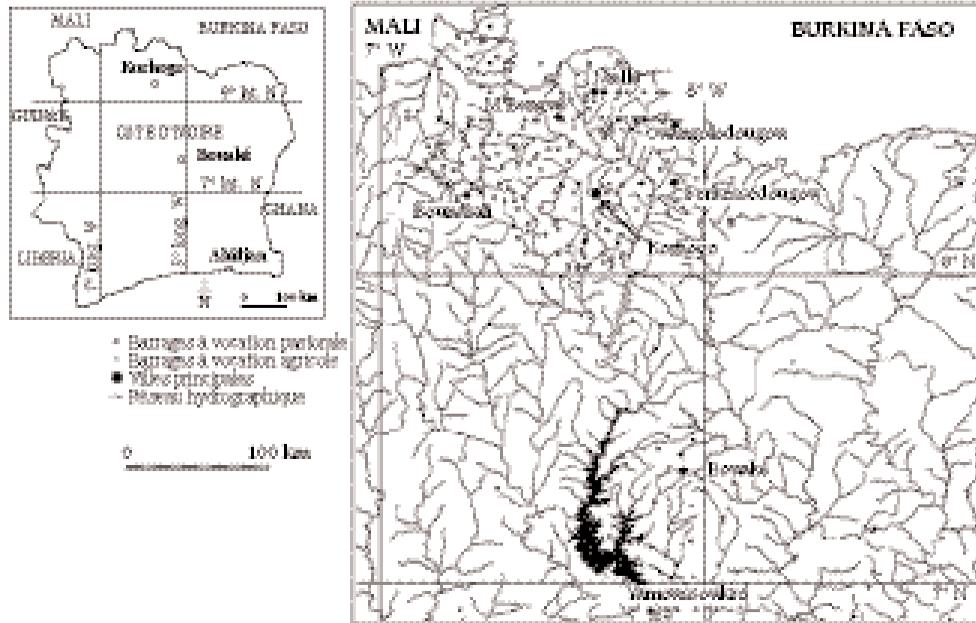


Fig. 1 – Carte de situation de la zone d'étude et localisation des petits barrages au nord de la Côte d'Ivoire.

(Source : *Inventaire des retenues*, 1992)

annuelles varient entre des extrêmes compris entre 800 et 2 000 mm au cours des 50 dernières années, avec de 60 à 120 jours de pluie par an (Gourdin *et al.*, ce volume). Ce faible nombre de jours pluvieux en regard des totaux annuels met en exergue les longues périodes sèches durant lesquelles, chaque année, les besoins en eau à des fins agricoles (irrigation) ou pastorales (abreuvement) sont très importants. Ces besoins sont encore accrus dans le contexte d'épisodes pluviométriques déficitaires et récurrents à l'échelle interannuelle. Les sécheresses saisonnières sont marquées entre novembre et avril, quand les faibles précipitations ne compensent plus la demande évaporatoire. Les températures diurnes sont alors plutôt élevées (comprises entre 20 et 30 °C) et les vents d'hiver secs et puissants. De décembre à février, l'harmattan, vent du Sahara, souffle régulièrement, transportant des poussières et brûlant les paysages. L'air est alors très sec et les nuits fraîches. Il en résulte une demande évaporatoire forte (l'évapotranspiration potentielle est supérieure à 1 300 mm par an dans toute la région).

Ce climat tropical génère une végétation naturelle constituée au nord de la zone d'étude de grandes savanes aux herbes épaisses et aux arbustes résistants, domaine des feux de brousse. Plus au sud, la savane devient arbustive à arborée, tandis que des forêts galeries s'étirent le long des cours d'eau.

Ces tendances naturelles sont toutefois intensément modulées sous l'effet de l'urbanisation, et, certes de façon hétérogène dans l'espace régional, sous l'effet d'une pression agricole en constante croissance, qu'il s'agisse de la mise en exploitation extensive de grands champs vivriers ou du développement de la culture du coton. Les surfaces concernées n'ont en effet cessé de croître au cours des 25 dernières années pour atteindre aujourd'hui 271 000 hectares (correspondant à une production en coton graine supérieure à 361 000 tonnes, selon BASSETT, 2002). Les cultures maraîchères à usage domestique et, de plus en plus fréquemment, à vocation marchande, d'une part, et les productions arborées, d'autre part, contribuent à l'anthropisation des paysages, sur les versants comme dans les bas-fonds (Gourdin *et al.*, ce volume).

Un développement rural qui passe par la mobilisation des eaux de surface

Les populations rurales des savanes du nord de la Côte d'Ivoire pratiquent essentiellement l'agriculture et (ou) l'élevage. Les principales spéculations pratiquées sont (OUATTARA N'KLO, 2001) :

- les cultures vivrières (igname, maïs, riz, arachide, mil, sorgho, patate douce, niébé, fonio) ;
- les cultures annuelles de rente (coton, tabac, soja, cultures maraîchères, canne à sucre) ;
- les cultures pérennes de rente (mangues, avocats, agrumes, anacarde) ;
- l'élevage de bovins, caprins, porcins, ovins, volaille ainsi que la pisciculture et l'apiculture.



Petite unité de production de charbon de bois, région de Kiénou au sud de Korhogo. L'ouverture de nouveaux espaces de culture passe par le déboisement des savanes. Si, en brousse, l'immense majorité des ménagères cuisine encore aujourd'hui sur des feux de bois, le charbon est surtout destiné aux zones urbaines.



Feu de brousse, région de Kiémou au sud de Korhogo.

Pratique saisonnière ancestrale, le feu de brousse marque le temps du calendrier agronomique des zones de savane.

Souvent allumés par les bouviers peuls avant le retour des premières pluies, les feux ouvrent les espaces de savane et favorisent l'apparition de jeunes pousses d'herbe appétantes pour les troupeaux.

Le bois comme combustible constitue une source de revenus, mais aussi de dégradation non négligeable. En effet, des tonnes de bois de feu et de charbon de bois sont acheminées chaque jour des zones rurales vers les villes. Environ 90 % de la population urbaine des zones de savane utilisent le bois de feu ou le charbon de bois et 100 % des ménages ruraux utilisent le bois de chauffe (OUATTARA N'KLO, *op. cit.*).

La culture sur brûlis et l'élevage extensif, systèmes fortement consommateurs d'espace, sont très répandus dans la région. Les feux de brousse, le surpâturage et les prélèvements d'arbres pour l'industrie charbonnière sont des facteurs de dégradation et de désertification qui accentuent la sahélistation des paysages les plus touchés. La destruction de la végétation laisse les sols sans protection contre le « splash » des gouttes de pluie : les agrégats en surface du sol sont désagrégés et les

éléments fins colmatent la porosité superficielle ; l'infiltrabilité diminue et la part des pluies qui ruissellent augmente au détriment de celles qui s'infiltrent ; l'érosion hydrique devient agressive. La diminution de la porosité des sols est exacerbée par un appauvrissement de leur méso-faune (vers de terre et surtout termites) concomitant à la disparition du couvert végétal. Les modifications des états de surface avec la diminution du couvert végétal affectent depuis quelques années de façon importante l'hydrologie des régions de savane africaines et du Sahel (ALBERGEL et VALENTIN, 1990). Les coefficients de ruissellement ont alors tendance à augmenter (Gourdin *et al.*, ce volume ; MAHÉ *et al.*, 2005), tandis que l'écoulement retardé a tendance à fortement diminuer. Sur les têtes de bassin hydrographique, on observe des crues plus violentes, aux débits maximaux plus forts et aux temps de base plus courts. Plus en aval, les tarissements deviennent plus rapides.

Les sécheresses persistantes des trois dernières décennies ont aggravé l'état de dégradation des sols et de la végétation, tout comme elles ont altéré les productions agricoles (ALBERGEL *et al.*, 1988). Ces sécheresses ont été si sévères dans le début des années 1980 qu'elles ont eu notamment pour conséquence de nombreuses ruptures de la production hydroélectrique. L'année 1984 reste dans la mémoire de tous les Abidjanais comme celle des importantes coupures de courant qui ont affecté tous les quartiers et paralysé le monde des affaires du Plateau de la capitale économique. Des centrales thermiques au gaz avaient dû alors être installées dans la précipitation.

Dans le nord du pays, où le monde rural a été particulièrement éprouvé, le gouvernement ivoirien a réagi avec l'aide de la communauté internationale pour lutter contre cette crise climatique en accélérant les programmes d'aménagements hydrauliques, notamment par la construction de barrages à vocation agricole ou pastorale.

Le petit barrage, un aménagement innovant

Le petit barrage est l'ouvrage d'art clé de l'aménagement agro-pastoral. Il a bien sa place dans toute la zone Nord de la Côte d'Ivoire, en têtes de bassin où l'hydraulicité et la géomorphologie ne permettent pas la construction de grands ouvrages. En milieu rural, les petits barrages apparaissent comme des aménagements propres à assurer les besoins en eau de petites communautés. Ce sont des ouvrages de retenue d'eau de surface, créés par une digue le plus souvent en terre ou en pierre, plus rarement en béton. Ils contiennent de quelques dizaines de milliers

à un million de mètres cubes d'eau. Leur construction ne crée pas *a priori* de nuisance particulière, mais apporte en revanche une ressource en eau disséminée dans le paysage pour le bétail, l'irrigation et les usages domestiques. Cette ressource permet de surcroît de développer une activité halieutique artisanale, source alternative de protéines. De plus, leur construction tend à protéger, en aval, les villes et les périmètres agricoles contre les crues et l'érosion, ainsi qu'à recharger les nappes phréatiques. Les petits barrages apparaissent donc comme des aménagements très innovants, susceptibles de transformer profondément les rapports traditionnels de production agricole et les comportements sociaux face à une disponibilité accrue en eau.

En fonction du type d'aménagement, le petit barrage est de construction rudimentaire ou plus élaborée.

Lorsqu'il s'agit de créer un point d'eau destiné à prolonger la disponibilité de la ressource en eau après la saison des pluies, pour des besoins domestiques ou d'abreuvement du bétail, le petit barrage se résume en une simple digue de terre compactée, d'une hauteur de quelques mètres et dotée d'un ancrage peu profond. Cette digue barre de petites vallées, larges de quelques centaines de mètres au plus, en contrôlant des bassins versants dont la superficie ne dépasse que rarement la dizaine de kilomètres carrés. Classiquement, la digue est de forme trapézoïdale, de largeur de crête d'environ quatre mètres, dotée d'une pente amont de 30 % environ



Barrage à vocation pastorale typique édifié par la Sodepra dans les années 1980 : une digue en terre compactée retient une partie des écoulements d'une rivière temporaire durant la saison des hautes eaux. L'évacuateur de crue, ou déversoir, par lequel transitent les écoulements excessifs, conditionne la capacité du réservoir. Le moine de vidange est visible.

et parfois protégée du battillage par un dallage en bloc de latérite. La pente aval est un peu plus forte (40 %) et devrait être protégée du ruissellement des pluies par une végétalisation appropriée empêchant le développement d'arbustes. Pour protéger l'ouvrage de la submersion et permettre l'écoulement de l'essentiel des crues des marigots sur lesquels les barrages ont été édifiés, un déversoir de type « déversoir fusible », en terre compactée et protégé par un recouvrement de pierres, voire de béton, est installé à l'une des extrémités de la digue.

La Direction des grands travaux d'Abidjan a recensé 269 barrages de ce type dans le nord de la Côte d'Ivoire (*Inventaire des retenues...*, 1992).

Lorsqu'il est édifié à des fins agricoles, le petit barrage est la pièce maîtresse de l'aménagement de tout un bas-fond ou d'une portion de celui-ci. La digue est plus importante que dans le cas précédent et peut dépasser la dizaine de mètres (à partir de 15 mètres, l'ouvrage rentre dans la nomenclature internationale des grands barrages et doit faire l'objet d'un cahier des charges très strict pour sa construction ; voir <http://www.icold-cigb.org>). Du fait de sa vocation, ce type de réservoir doit avoir une dimension suffisante pour fournir l'eau nécessaire à l'irrigation durant toute la saison sèche : le barrage est situé alors à l'exutoire de bassins versants plus grands (de l'ordre de la centaine de km²) et de préférence dans une vallée encaissée, autorisant un rapport volume de la retenue/surface ennoyée élevé dans le but de limiter les pertes en eau par évaporation. Classiquement, la digue est en terre compactée ou en béton et un noyau étanche en argile de qualité ou une étanchéification par géotextile sont prévus. Le déversoir est en béton, il peut être placé au centre ou à une extrémité de la digue et fonctionner par ennoisement, mais il peut aussi être de type « siphon ».

Un système de vanne à la base du barrage contrôle une galerie busée et permet d'alimenter un système d'irrigation installé en aval de la digue. Pour éviter le colmatage de cette vanne par les sédiments transportés et décantés dans le lac, le système est positionné à une cote suffisante. Des canaux primaires et parfois secondaires alimentent les périmètres irrigués situés dans le bas-fond en aval. La distribution de l'eau se fait par gravité à partir de batardeaux. Dans le nord de la Côte d'Ivoire, les deux principales spéculations concernées sont la canne à sucre des complexes industriels de Ferkessedougou et le riz. Des cultures maraîchères et fruitières sont parfois réalisées sur les franges les plus élevées du bas-fond, de même que sur les berges du réservoir en amont de la digue. Dans ce cas, des accès peuvent être réservés pour l'abreuvement du bétail. Enfin, dans de rares cas, des bassins piscicoles alimentés par gravité ont été aménagés à l'aval immédiat de certaines retenues.

L'inventaire de la Direction des grands travaux d'Abidjan a identifié 34 aménagements de ce type dans la zone d'étude (*Inventaire des retenues...*, 1992).

Le lac de retenue : un écosystème aquatique nouveau dans la région

Quelle que soit la taille du barrage, les masses d'eau stagnante, peu profondes et plus ou moins étendues selon la morphologie de la vallée ennoyée, qui s'accumulent en amont de la digue forment des écosystèmes individualisés, diversifiés et distincts des eaux courantes. Avant l'édification des barrages qui émaillent cette région, il n'existait pas d'écosystèmes lacustres permanents. À ce titre, les petits barrages constituent une réelle innovation (CECCHI, 1998) que les études évoquées ci-dessous ont entrepris de caractériser, en relation notamment avec leurs particularités écologiques.

La lumière qui pénètre à la surface du lac est absorbée rapidement, selon une fonction exponentielle variable avec la longueur d'onde et la nature des substances dissoutes ou en suspension, dont le plancton. La zone éclairée, « euphotique », est la zone de production primaire par photosynthèse. La zone obscure, « aphotique », est surtout un milieu de décomposition et de régénération. La dégradation de la matière organique et sa reminéralisation pourront cependant réalimenter les zones productives de la colonne d'eau à la faveur de la mobilisation des sédiments lors d'épisodes climatiques ponctuels : coup de vent, tornade, pluie... (Arfi *et al.*, ce volume).

La chaleur est un rayonnement très vite absorbé. Le régime de température règle les échanges au sein des masses d'eau et contribue au contrôle de leurs évolutions physico-chimique et biologique, en premier lieu au travers de la structuration verticale des colonnes d'eau : stratification et mélanges. Ces structurations verticales sont variables d'un site à l'autre suivant l'exposition au vent, la morphologie, la composition chimique des eaux et le taux de matière en suspension. Pendant la saison froide, cette alternance de stratification et de mélange peut se développer à l'échelle nyctémérale et contribuer ainsi quotidiennement à la recharge nutritive de la colonne d'eau.

L'oxygène dissous produit par la photosynthèse dans la zone euphotique est consommé par la respiration et les décompositions. Sa répartition à la faveur des échanges entre masses d'eau, sa structuration verticale et sa variabilité temporelle vont fortement contrôler les processus biologiques.

En profondeur, l'accumulation de matières organiques à la surface des sédiments favorise le métabolisme bactérien, qui en retour agit sur les paramètres physico-chimiques de l'interface et détermine les échanges eau-sédiment. Les communautés bactériennes pélagiques autotrophes contribuent quant à elles à la productivité biologique des lacs, en recyclant une part de la matière organique produite *in situ* (Bouvy *et al.*, ce volume). Les zones benthiques éclairées sont d'autre part le siège d'une intense activité biologique, qui peut se traduire notamment par une contribution très importante du phytobenthos à la productivité primaire globale des écosystèmes (Thomas *et al.*, ce volume).

Les biotopes que constituent ces lacs artificiels vont être rythmés par la succession des saisons sèches et des saisons humides. En saison sèche, les apports superficiels sont rares, voire nuls, tandis que l'évaporation concentre les matières dissoutes et les organismes. Les successions écologiques se développent au sein des réseaux trophiques, à la faveur d'interactions trophiques régulatrices, tant pour ce qui relève de l'exploitation des ressources nutritives (contrôle de type ascendant *bottom-up*) que pour ce qui concerne les relations de prédatons (contrôle de type descendant *top-down*). En saison des pluies, à l'inverse, les volumes d'eau augmentent parfois très brutalement et diluent les communautés en présence. Les crues annuelles reconstituent les stocks de sels nutritifs et transportent de grandes quantités de sédiments. L'eau est alors très chargée, laisse pénétrer moins profondément la lumière, ce qui érode les capacités photosynthétiques des algues, qu'elles soient pélagiques ou benthiques, et diminue leur contribution à la productivité primaire globale. La période de crue, généralement récurrente à l'échelle interannuelle, correspond de fait à une réinitialisation pour bon nombre de processus biologiques.

Ces paramètres éco-environnementaux et leurs successions permettent le développement de biocénoses particulières et spécifiques au sein de ces milieux aquatiques artificiels tropicaux.

En raison du faible relief des berges et des décrues lentes, les ceintures végétales qui font transition avec les milieux terrestres (écotone des milieux humides), sont souvent larges et importantes. Ces ceintures végétales (souvent dominées par des *Nymphaea*, *Typha*, *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, ou des taxons à potentiel envahissant comme les *Pistia*) jouent un rôle très important pour de nombreux organismes (poissons, mollusques, etc.) qui viennent s'y nourrir, s'y protéger, voire s'y reproduire notamment durant la saison des hautes eaux. Comparativement, les arbres morts de la forêt galerie ennoyée par la création des lacs ne jouent dans ces systèmes qu'un rôle mineur (Thomas *et al.*, ce volume).



Début de recouvrement du réservoir de Kaouara (au nord de Ouangolodougou) par des *Pistia stratiotes*.

L'envahissement des petits barrages par des plantes envahissantes exotiques demeure à ce jour anecdotique dans la région.

Il n'en va pas de même dans le sud du pays, où tous les grands réservoirs (Ayamé, Buyo, Taabo) ont été ou sont concernés par ce phénomène.

Le phytoplancton, le phytobenthos, les macrophytes et, au travers de la boucle microbienne, les bactéries sont à la base des réseaux trophiques liant les différentes communautés qui se développent dans les plans d'eau. La plupart des lacs de petits barrages apparaissent eutrophes ou hyper-eutrophes, tant en raison du fort enrichissement nutritif du début de cycle (crue annuelle), auquel s'ajoutent les réserves organiques des sites non déforestés et les recharges sporadiques à partir du sédiment (orages, déstratification), que des apports allochtones (déjections) liés à la fréquentation des plans d'eau par les troupeaux (Arfi *et al.*, ce volume). La profondeur et l'hydrodynamique des masses d'eau contrôlent la productivité du phytoplancton, les lacs peu profonds étant ceux qui présentent la plus forte activité phytoplanctonique. Dans les lacs profonds et durablement stratifiés, l'enrichissement en nutriments ne se produit qu'à l'occasion d'événements climatiques intenses mais épisodiques.

Les communautés zooplanctoniques sont caractérisées par une diversité moyenne, plus faible que dans les grands barrages de Côte d'Ivoire (entre 12 et 22 taxons) (Aka *et al.*, ce volume). L'abondance du zooplancton est très variable et dominée en biomasse par les Copépodes (*Thermocyclops*). Sur l'ensemble des lacs, on remarque une certaine homogénéité des peuplements en zooplancton et de leur production. Les variations saisonnières enregistrées en terme de densité des peuplements de zooplancton sont

pour partie déterminées par la concentration des réservoirs sous l'effet de leur évaporation et par les usages divers dont ils sont l'objet. Les fluctuations saisonnières dépendent toutefois essentiellement du degré d'eutrophisation des lacs. La biomanipulation des peuplements de poissons peut avoir un impact significatif sur la composition et la dynamique des communautés planctoniques, par exemple dans les lacs où la perche du Nil (*Lates niloticus*) a été introduite (Kouassi *et al.*, ce volume).

En Afrique, les aménagements hydrauliques ont souvent eu comme conséquence sanitaire une recrudescence de diverses parasitoses, en particulier du paludisme et des schistosomiasés (ou bilharziosés), en raison de la prolifération de leurs vecteurs (anophèles) ou hôtes-intermédiaires (mollusques aquatiques), respectivement. La transformation des écosystèmes, par la création d'habitats favorables à la prolifération des parasites ou de leurs hôtes, et les regroupements humains à proximité des aménagements hydrauliques sont des facteurs favorables aux endémies parasitaires. Les observations réalisées sur les petits barrages suggèrent une faible probabilité de transmission de la bilharziose intestinale dans les retenues pastorales. En revanche, pour la bilharziose urinaire, la présence en grande quantité, dans l'ensemble des retenues prospectées, de façon permanente ou temporaire, de bulins de différentes espèces, dont une fraction apparaît parasitée, confirme le potentiel pathogène associé à la fréquentation de ces plans d'eau (Cecchi *et al.*, ce volume).

Dans les réservoirs artificiels, les peuplements piscicoles dépendent des conditions physico-chimiques et des ressources trophiques (niveau d'eutrophisation en particulier), du développement des ceintures de végétation et des connexions avec le réseau hydrographique à partir duquel la colonisation des plans d'eau par les poissons indigènes se fera spontanément. L'introduction d'espèces allogènes, la pêche et la gestion hydraulique des retenues, surtout pour celles vouées à l'agriculture irriguée, sont les facteurs anthropiques les plus déterminants dans le contrôle de la structuration des peuplements de poissons. Dans les petits barrages, la richesse spécifique des peuplements piscicoles fluctue entre 18 et 37 espèces réparties en une quinzaine de familles, sans relation significative entre cette richesse et la taille des réservoirs. Trois groupes trophiques structurent les peuplements de poissons. Les omnivores sont dominants dans tous les lacs observés, tandis que les herbivores-détritivores sont très peu représentés, ce qui, compte tenu de l'importance des accumulations organiques sur les sédiments, laisse une niche trophique vacante valorisable par l'introduction de poissons benthophages comme par exemple les *Labeo* sp. (Da Costa et Tito de Morais, ce volume).

Le *Lates niloticus*, communément appelé « capitaine d'eau douce » ou « perche du Nil », est un candidat à l'introduction intéressant pour accroître la valorisation halieutique des petits barrages. C'est un poisson prédateur, dont la qualité de chair et la rapidité de croissance en font une espèce très prisée. De fortes variations d'abondance ont toutefois été observées dans l'unique réservoir du nord de la Côte d'Ivoire où il a été introduit (Kouassi *et al.*, ce volume). Après une période de bon développement de l'espèce, le nombre d'individus a chuté de façon dramatique sous l'effet de facteurs anthropiques liés tant à la forte pression exercée par les activités de pêche qu'aux fluctuations environnementales sévères imposées par la gestion du plan d'eau tournée vers l'agriculture. Les vidanges régulières des réservoirs voués à l'irrigation des cultures de contre-saison ont en effet pour conséquence des réductions drastiques des habitats disponibles pour l'ichtyofaune, en ne laissant en eau dès le cœur de la saison sèche que des vasques profondes et isolées, très turbides et peu favorables à la survie.

L'ensemble des conditions naturelles dans lesquelles sont installés les petits barrages et les paramètres nécessaires à la compréhension du fonctionnement de ces nouveaux écosystèmes et de leur relation avec les autres segments du paysage de savane sont explicités dans les pages suivantes, au travers de différents textes co-rédigés par un ensemble de chercheurs du Sud et du Nord. Après une présentation de l'environnement général et du fonctionnement hydrologique des petits barrages, les grands principes métaboliques qui en contrôlent la productivité primaire sont rappelés. Le devenir de cette production, son transfert, sa valorisation ou à l'inverse sa sous-exploitation par les maillons trophiques supérieurs, qu'ils soient utiles (comme les poissons) ou parfois nuisibles (comme certains mollusques) seront ensuite détaillés dans le chapitre consacré aux communautés aquatiques.

R é f é r e n c e s

ALBERGEL J., CARBONNEL J.-P., VAUGELADE J., 1988 – Aléas climatiques et production agricole : le coton au Burkina Faso. *Acta oecologica applicata*, 6 (3) : 192-211.

ALBERGEL J., VALENTIN C., 1990 – « Sahélisation d'un petit bassin versant soudanien : Kognere-Boulsa, au Burkina Faso. » In RICHARD J.-F. (éd.) : *La dégradation des Paysages en Afrique de l'Ouest. Points de vue et perspectives de recherches*. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, Presses Universitaires de Dakar : 119-133.

Inventaire des retenues et barrages de Côte d'Ivoire, 1992 – Direction des grands travaux, Abidjan, 151 p. + annexes.

AVENARD J.-M., EL DIN M., GIRARD G., SIRCOULON J., TOUCHEBEUF P., GUILLAUMET J.-L., ADJANO HOUN E., PERRAUD A., 1971 – *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Paris, Mémoires Orstom n° 50, 401 p.

BASSETT T., 2002 – *Le Coton des paysans. Une révolution agricole (Côte d'Ivoire 1880-1999)*. Paris, IRD, Coll. À travers Champs, 291 p.

CECCHI P., 1998 – De la construction d'un objet pluridisciplinaire : les

Petits Barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. *Natures Sciences Sociétés*, 6 (2) : 73-83.

MAHÉ G., PATUREL J.-E., SERVAT E., CONWAY D., DEZETTER A., 2005 – The impact of land use change on soil water holding capacity and river flow modelling in the Nakambe River, Burkina-Faso. *Journal of Hydrology*, 300 : 33-43.

OUATTARA N'KLO, 2001 – *Situation des ressources génétiques forestières de la Côte d'Ivoire (Zone de Savanes)*. Document FGR/5F, FAO, Rome.

Localisation des petits barrages et caractérisation des bassins par télédétection

Franck Gourdin

Philippe Cecchi

Daniel Corbin

Jackie Étienne

Luc Séguis

Alain Casenave

Les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire ont été édifiés principalement pour y structurer l'espace rural en vue de sa mise en valeur pastorale. Les sociétés d'État en charge de ces aménagements ont malheureusement progressivement perdu la mémoire de l'historique de leur implantation. L'Anader¹ de Korhogo, ultime sanctuaire de la littérature officielle, technique ou informelle ayant accompagné leur implantation et les premières années de leur exploitation, ne recèle plus aujourd'hui qu'une infime partie des informations alors accumulées (Ba Malick, *comm. pers.*).

Différents projets de développement sectoriels appuyés généralement par des ONG (Volontaires du Progrès, par ex.), ont entrepris pour leur propre compte d'actualiser ces données anciennes et fragmentées. Parfois fantaisistes, souvent difficilement accessibles, rarement exhaustives, les informations potentiellement disponibles demeurent peu validables. En tout premier lieu, le nombre et la localisation précise de ces petits barrages, données de base pourtant fondamentales, font l'objet d'informations contradictoires.

Le seul inventaire publié est celui de la Direction des grands travaux à Abidjan (*Inventaire des retenues*, 1992), qui fait état de 269 barrages Sodepra pour l'ensemble du nord du pays, sans que pour autant les informations de base précédemment évoquées ne soient systématiquement fournies. Le recensement exhaustif réalisé sous l'égide du programme Petits Barrages a quant à lui dénombré 217 retenues pour les seuls départements de Korhogo et de Ferkéssédougou (CECCHI, 1998) à l'occasion d'un passage unique sur chacune d'entre elles (liste en annexe de l'introduction générale de l'ouvrage).

Introduction

¹ L'Anader regroupait toutes les structures étatiques d'encadrement agricole, et notamment depuis 1994 les services de la Sodepra, principal artisan de la création des petits barrages.

Il est donc apparu nécessaire de mettre en œuvre à l'échelle régionale une approche synoptique destinée en premier lieu à soutenir une cartographie et un inventaire précis des aménagements.

En parallèle, du fait de l'hétérogénéité des paysages et surtout de leurs évolutions vives et récentes, il est apparu souhaitable d'appréhender à cette même échelle régionale les dynamiques d'occupation de l'espace qui structurent les savanes nord-ivoiriennes. La mise en valeur des bas-fonds en général, des bas-fonds aménagés en particulier, est en effet fortement liée à l'intensité de la pression anthropique (qu'elle soit urbaine ou agricole) exercée sur les versants (AHMADI, 1997). L'évaluation des potentialités associées aux nombreux réservoirs disséminés dans le nord de la Côte d'Ivoire ne pouvait ainsi s'envisager sans une caractérisation des dynamiques récentes, en premier lieu en regard de l'évolution des paysages qui environnent les retenues.

D'un autre point de vue, l'influence déterminante des états de surface sur le comportement des sols à l'infiltration et au ruissellement est connue de longue date (CASENAVE et VALENTIN, 1989). Cette influence est particulièrement exacerbée dans le cas de bassins versants de petite taille et fortement anthropisés (cultures, parcours, etc.). Des travaux de modélisation des relations pluie-débit dans le nord de la Côte d'Ivoire ont de fait révélé l'importance des types d'occupation des sols sur les réponses des bassins versants en terme d'écoulement (DEZETTER et SERVAT, 1992). L'impact potentiel de l'évolution des paysages durant les dernières décennies sur les régimes hydrologiques sera discuté au chapitre suivant (Gourdin *et al.*, ce volume).

L'approche par télédétection a été privilégiée (THENKABAIL et NOLTE, 1995) en raison de son caractère synoptique et de la complémentarité qu'elle autorise en associant aux données satellitaires les connaissances de terrain localement accumulées. Deux jeux de scènes Landsat TM centrées sur la ville de Korhogo et acquises à huit ans d'intervalle (1986 et 1994) ont ainsi été utilisés. Leur traitement et leur comparaison ont permis d'envisager une analyse synchronique à perspective diachronique des petits barrages et de leur environnement à diverses échelles de résolution : depuis l'espace régional jusqu'aux bassins versants élémentaires dont les réservoirs sont tributaires.

Mise en place de cartes d'occupation des sols

Toutes les méthodologies mises en œuvre pour la réalisation de ce travail ont été adaptées aux supports cartographiques et satellitaires disponibles, grâce à la collaboration de spécialistes de la Maison de la Télédétection à

Montpellier (M. Lointier et N. Dessay). Ces méthodes s'appuient sur un très vaste corpus technique spécialisé qui ne sera pas rappelé ici. Le lecteur, s'il le désire, pourra se rapporter à différents ouvrages génériques qui en détaillent les principes (FOIN, 1987 ; FOIN et BAUDOIN, 1985, 1988, 1990 ; BONN, 1996 ; BONN et ROCHON, 1992 ; BONNETT, 1993 ; etc.).

Quatre scènes satellites Landsat TM (résolution 30 m), datées du 16/11/86 pour les deux premières, du 12/04/94 pour la troisième et du 28/04/94 pour la dernière, ont été utilisées (fig. 1). Les deux scènes de 1986 permettent de couvrir environ 90 % de la zone d'étude, la scène du 12/04/94 recouvre seulement la partie sud (30 % de la zone d'étude) et la scène du 28/04/94 recouvre la partie nord (60 %).

Importation et géoréférencement des scènes, création d'une image globale de la zone d'étude

Une fois les caractéristiques des canaux images répertoriées, les quatre scènes ont été importées sur le système d'information géographique Idrisi. Le géoréférencement (en coordonnées UTM) de chaque scène s'est fait par étapes successives :

— visualisation à l'écran du canal 5 (le plus contrasté) et recherche des points de correspondances (ou points d'amers) identifiés à partir des cartes topographiques disponibles sur la zone au 1/50 000 ou au 1/200 000 (pont, confluence ou tout autre élément stable dans le temps et dans l'espace) ;

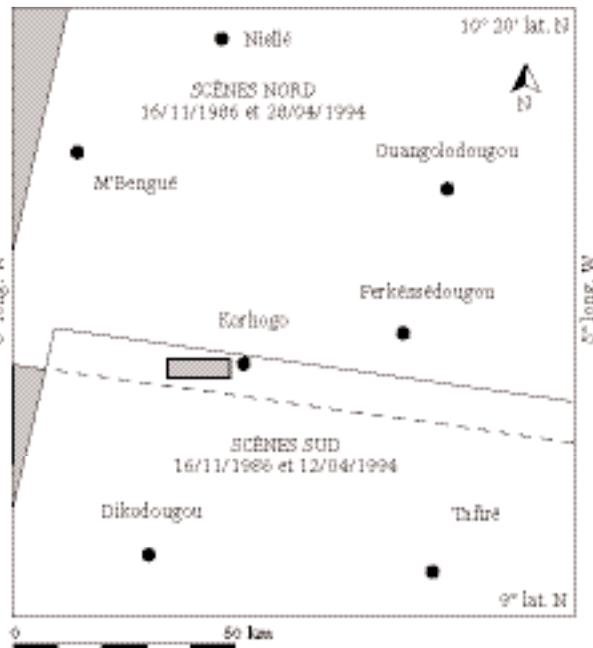


Fig. 1 - Couverture de la zone d'étude par les scènes Landsat TM de 1986 et 1994. La zone en grisé à l'ouest de Korhogo (25 x 6 km) a été utilisée comme parcelle d'entraînement pour valider les correspondances entre les scènes Nord et Sud acquises en avril 1994 à deux dates différentes (16 jours d'écart, dont 3 jours pluvieux).

— après saisie du fichier de correspondance, utilisation d'un polynôme de degré deux (quadratique) de façon à minimiser les déformations dans les zones où l'échantillonnage était le plus faible ;

— utilisation d'une quinzaine de points pour géoréférencer chaque scène, en corrigeant ceux pour lesquels l'erreur calculée était trop importante. Le résultat est très satisfaisant : l'incertitude finale pour chacune des scènes est inférieure à 0,8 pixel soit 24 m dans la réalité, ce qui représente moins de 0,5 mm sur une carte au 1/50 000 ;

— association des deux jeux de scènes (1986 et 1994) pour chaque canal-image. Si le résultat est satisfaisant dans le cas des scènes datées du 16/11/86, qui s'ajustent parfaitement au niveau de Korhogo, il n'en va pas de même pour les deux scènes de 1994 : il est en effet tombé environ 25 mm de pluie (trois jours pluvieux) sur la zone entre le 12/04/94 et le 28/04/94 qui ont suffisamment modifié le couvert végétal et la couleur du sol pour rendre impossible l'association directe des deux scènes ;

— les traitements et analyses ultérieurs ont donc été réalisés sur trois scènes, les deux scènes de 1994 différenciées et la scène globale de 1986.

Le réseau hydrographique de Côte d'Ivoire, le contour du pays et les limites des régions administratives avaient été numérisés au cours du programme Onchocercose mené par l'OMS. Ces données ont été réimportées sous Idrisi et sont utilisées ici pour l'habillage des images.

Analyses statistiques et compositions colorées

Trois analyses en composantes principales ont été réalisées dans le but d'associer les canaux véhiculant le maximum d'informations. Les matrices de corrélation et de covariance obtenues ont permis d'isoler trois associations principales que l'on retrouve pour chacune des trois scènes : les combinaisons des canaux (1-5-7), (3-5-7) et (4-5-7). Le canal thermique 6 n'a bien entendu pas été pris en compte dans l'analyse.

La réalisation sous Idrisi des compositions colorées obtenues à partir de ces trois combinaisons a permis de comparer *de visu* la qualité et la richesse des images : la composition colorée des canaux 1-5-7 (mode RGB) était la moins intéressante tandis que les deux autres compositions n'étaient pas différenciables. Finalement, la composition colorée issue de l'association des canaux 3-5-7 a été retenue, en raison des couleurs assez proches des teintes naturelles observables sur le terrain qu'elle fournit (fig. 1 du cahier couleurs).

Les classifications supervisées

Des cartes d'occupation des sols au 1/100 000, réalisées par la Direction et Contrôle des grands travaux d'Abidjan (DCGTx) à partir de l'interprétation visuelle de compositions colorées de scènes SPOT et Landsat TM datées entre 1986 et 1990 ont été utilisées comme support de base pour l'interprétation des compositions colorées réalisées.

Afin de disposer d'autres supports interprétatifs et pour améliorer la qualité et le positionnement des parcelles d'entraînement sur les compositions colorées (zones homogènes au niveau végétatif et qui vont servir à définir les différentes classes d'occupation du sol pour les classifications du 12-04-94 et du 28/04/94), une campagne de terrain avec GPS a été effectuée sur la zone d'étude au cours du mois d'avril 1998, en suivant les recommandations de LAMACHÈRE et PUECH (1995).

Une première classification avait été réalisée sur Imagine à la Maison de la Télédétection à Montpellier pour la scène du 12/04/94, qui avait donné de très bons résultats (signatures des classes bien différenciées et image en accord avec les cartes d'occupation du sol disponibles). La procédure avait d'abord été appliquée à la moitié ouest de la scène (calage), puis elle a été validée sur la partie est de cette même scène. Cette procédure a ensuite été reprise sur Idrisi pour faciliter la mise en place de la classification du 28/04/94.

Neuf classes ont finalement été distinguées : Eau, Habitat, Sols nus ou dégradés, Cultures, Cultures irriguées, Savane faiblement cultivée, Savane arbustive, Savane arborée, Forêts. Plusieurs classifications supervisées ont été nécessaires (utilisation du théorème de Bayes suivant la théorie du Plus Proche Voisin, PPV) pour obtenir des images qui rendent compte assez fidèlement (concordance) à la fois des parcelles échantillonnées sur le terrain, des cartes d'occupation des sols disponibles et des nuances observées sur les compositions colorées initiales.

Une parcelle test (fenêtre commune aux deux scènes d'avril 1994) a été découpée au niveau de Korhogo (25 km de long pour 6 km de large ; zone grisée à l'ouest de Korhogo sur la figure 1). Les pourcentages en superficie de chacune des classes d'occupation des sols y ont été calculés pour les deux dates (tabl. I) à l'aide des classifications obtenues pour chacune des deux scènes. Ces deux séries ne sont pas statistiquement différentes ($P < 0,001$, test de Wilcoxon pour échantillons appariés), ce qui a permis par la suite d'associer les deux scènes de 1994 lors des comparaisons avec la scène globale de 1986, de façon à pouvoir travailler à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude. Il n'est pas étonnant de retrouver sur la parcelle test une association extrêmement forte entre deux classifications qui utilisent les mêmes supports interprétatifs.

Classes (%) sur la parcelle test	Scènes Landsat TM de 1994	
	12 avril	28 avril
Eau	0,1	0,1
Habitat	9,1	9,7
Sols nus dégradés	3,5	2,6
Cultures	18,1	17,8
Savane faiblement cultivée	34,9	33,3
Savane arbustive	30,8	32,7
Savane arborée	1,4	1,5
Forêts	2,1	2,3
Total	100	100

Tabl. I - Correspondance des classes entre les deux scènes Landsat de 1986 au niveau de la parcelle test de Korhogo.

Le résultat est néanmoins concluant, et les différences relatives que l'on observe peuvent très bien s'expliquer par les précipitations survenues entre les deux dates.

Après numérisation des cartes topographiques au 1/50 000 disponibles, les contours de 33 des 49 bassins (il n'existe pas de carte topographique pour les 16 autres) associés aux petits barrages étudiés par le programme (voir Arfi *et al.*, ce volume) et de trois grands bassins versants ont été tracés. Ces contours ont été couplés aux classifications pour caractériser l'état d'occupation des sols en novembre 1986 et avril 1994 et son évolution entre les deux dates. L'analyse pourra ainsi être portée à différentes échelles, depuis l'ensemble de la zone jusqu'aux bassins versants élémentaires.

Évolution de l'état d'occupation des sols entre novembre 1986 et avril 1994

Une simple comparaison visuelle à l'échelle globale des scènes suffit pour être frappé par l'importance de l'évolution de l'occupation du sol entre 1986 et 1994. Pour quantifier les contrastes observés, le pourcentage des surfaces occupées pour chacune des 9 classes sur l'ensemble de la zone a été calculé (tabl. II), après avoir isolé à l'intérieur des images classifiées les parcelles communes aux scènes de 1986 et 1994 (recouvrement > 90%). Le constat est saisissant : les forêts disparaissent à un rythme rapide (diminution de 60 % de la contribution de cette classe entre 1986 et 1994), la savane laisse de plus en plus de place aux cultures (+ 50 %) et aux sols nus et dégradés (+ 40 %). Enfin, de vastes superficies autour des centres urbains ne comportent plus que des sols cultivés.

Tabl. II - Évolution de l'occupation des sols entre 1986 et 1994 à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude.

Classes d'occupation des sols	Novembre 1986 (%)		Avril 1994 (%)	
Eau	0,3	(60 km ²)	0,1	(18 km ²)
Habitat	1,3	(235 km ²)	2,2	(400 km ²)
Sols nus dégradés	2,2	(407 km ²)	3,1	(564 km ²)
Cultures	4,6	(842 km ²)	7,6	(1 384 km ²)
Cultures irriguées	3,2	(582 km ²)	4,2	(764 km ²)
Savane faiblement cultivée	19,2	(3 486 km ²)	18,3	(3 331 km ²)
Savane arbustive	28,5	(5 174 km ²)	34,0	(6 188 km ²)
Savane arborée	32,3	(5 881 km ²)	27,1	(4 932 km ²)
Forêts	8,4	(1 533 km ²)	3,4	(619 km ²)
Superficie totale traitée : 18 200 km² (140 x 130 km)				

Il y a globalement un glissement des zones naturelles vers les zones anthropisées, dû probablement en grande partie à l'augmentation de la pression humaine dans une région sensible et déjà fragilisée par des déficits hydriques répétés.

À l'échelle des trois grands bassins versants, les situations apparaissent plus contrastées, mais les mêmes tendances sont confirmées (fig. 2 du cahier couleurs).

Enfin, à l'échelle locale des bassins élémentaires associés aux retenues (< 25 km²), les cas de figure sont très diversifiés. Les incertitudes sont telles qu'il est difficile de donner plus qu'une simple tendance ou perspective d'évolution et les interprétations devront se faire alors au cas par cas (fig. 3 du cahier couleurs ; tabl. III).

Tabl. III - Variations entre 1986 et 1994 des différentes classes d'occupation des sols sur 33 petits bassins versants du nord de la Côte d'Ivoire (l'ensemble de la zone correspond aux écarts d'occupations des sols présentés dans le tabl. II).

Classes d'occupation des sols	Ensemble de la zone	33 petits bassins versants			
		médiane	moyenne	maximum	minimum
Eau	- 0,2 %	- 0,2 %	- 0,3 %	+ 0,3 %	- 2,3 %
Habitat	+ 0,9 %	+ 0,4 %	+ 2,2 %	+ 15,2 %	- 1,2 %
Sols nus dégradés	+ 0,9 %	0,0	+ 2,4 %	+ 44,5 %	- 4,6 %
Cultures	+ 3,0 %	+ 5,1 %	+ 5,7 %	+ 30,8 %	- 5,1 %
Cultures irriguées	+ 1,0 %	+ 1,6 %	+ 4,6 %	+ 31,8 %	- 11,1 %
Savane faiblement cultivée	- 0,9 %	+ 2,0 %	- 0,6 %	+ 27,8 %	- 39,7 %
Savane arbustive	+ 5,5 %	- 2,6 %	+ 0,7 %	+ 47,2 %	- 34,7 %
Savane arborée	- 5,2 %	- 7,7 %	- 10,7 %	+ 41,1 %	- 52,4 %
Forêts	- 5,0 %	- 1,6 %	- 3,9 %	+ 10,9 %	- 18,0 %

Critiques et réserves émises pour les classifications

La vraie nature des classes

Les deux scènes qui sont comparées correspondent à deux saisons climatiques différentes : fin de saison des pluies en 1986 et cœur de saison sèche en 1994. Il y a donc un phénomène d'uniformisation (« tout est vert » ou « tout est sec ») qui réduit les différences entre certaines classes.

Classe Eau : il n'y a pas de problème d'interprétation. Les étendues d'eau subissent des variations saisonnières qui ne sont pas les mêmes d'une année sur l'autre et qui sont reliées au stock d'eau dans les retenues.

Classe Habitat : nous avons d'abord essayé d'identifier les villages et campements, à partir notamment des parcelles d'entraînement repérées sur le terrain. Malheureusement mais logiquement, les villages en terre n'ont pas la même réflectance que les villes comme Korhogo ou Ferkéssédougou, et leur signature spectrale s'apparente beaucoup plus à celle des sols nus ou dégradés. Cette classe possédait ainsi une signature bimodale. Par la suite, seules les villes et agglomérations importantes (Tafiré, Ouangolodougou, etc.) ont été prises en considération, et cette classe s'apparente donc plus généralement aux zones urbaines.

Dans le même ordre d'idée, de nombreuses zones de brûlis qui appartiennent en théorie à la classe des Sols nus et dégradés, voire à la classe Savane faiblement cultivée, se retrouvent dans la classe Habitat : essayer de « forcer » ces zones dans les classes 3 ou 4 ne fait qu'accroître la bande de distribution et donc réduire simultanément les zones effectives d'habitat.

Classe Sols nus ou dégradés : si les superficies de sols nus ou dégradés identifiés en 1986 correspondent bien à la réalité, elles sont globalement surestimées en 1994 (elles interfèrent avec les zones de cultures non levées ou la végétation sèche par exemple) avec une incertitude que l'on peut estimer voisine de 15 %, chiffre obtenu à partir de la concordance entre les parcelles d'entraînement échantillonnées sur le terrain et la classification proprement dite.

Classe Cultures : il n'y a pas de problème d'interprétation. Les périmètres de cultures industrielles proches de Ferkéssédougou (cane à sucre) qui perturbaient fortement les différentes classes à chaque fois qu'ils étaient pris en compte ont finalement été laissés de côté lors de la classification finale.

Classe Cultures irriguées : cette classe est la plus sensible. Les parcelles d'entraînement correspondant à cette classe sont peu nombreuses et ne couvrent que des surfaces réduites. Cette classe regroupe en fait la majorité des zones humides, qui sont effectivement cultivées dans la plupart des cas, avec toutefois quelques exceptions ou « brouillages » que l'on peut estimer autour de 15 à 20 %. C'est le cas de certains

bas-fonds non aménagés notamment, ou dans le cas d'une résurgence de nappe. Plus simplement encore, il suffit de quelques pluies fortement localisées quelques jours avant la prise de la scène pour introduire des perturbations que l'on ne peut pas ou peu corriger.

Classe Savane faiblement cultivée : si cette classe peut interférer avec les classes Savane arbustive ou Cultures dans quelques rares cas, elle est néanmoins généralement bien différenciée et permet de marquer la transition des zones encore sauvages vers les zones anthropisées.

Classe Savane arbustive et classe Savane arborée : elles correspondent respectivement à des zones de savane claire et à des zones de savane dense. Ce sont des classes bien différenciées mais pour lesquelles on peut parfois retrouver le problème évoqué précédemment : ainsi, certaines zones classées en savane arbustive correspondent en fait à de la savane arborée qui a subi momentanément le contrecoup d'une saison sèche exceptionnelle, de même certaines zones de savane arborée correspondent effectivement à de la forêt. L'incertitude peut être estimée autour de 10 %.

Se pose également le problème de certaines cultures « sous parc », comme le coton, qui se développent sous couverture arborée, ce qui conduit à prendre ces zones de cultures pour de la savane sauvage. C'est un cas de figure récurrent, notamment au nord de Korhogo, où les champs de coton sous parcs à néré (*Parkia biglobosa*) et (ou) à karité (*Butyrospermum parkii*) sont largement répandus.

Enfin peuvent se retrouver dans cette classe des zones de jachères peu récentes, voire anciennes, où la reprise de la végétation arbustive peut masquer le caractère anthropisé de telles parcelles. Les augmentations de contribution de cette classe parfois observées aux diverses échelles entre 1986 et 1994 (cf. tabl. III) pourraient partiellement être expliquées par ce processus de régénération de terroirs plus ou moins récemment exploités. Dans une moindre mesure, ce phénomène est applicable à la classe précédente. Dans les deux cas, toutefois, une augmentation de la contribution de ces classes sous l'effet d'une éventuelle augmentation des jachères ne ferait que sous-estimer le processus dominant d'anthropisation des bassins.

Classe Forêts : cette classe est certainement légèrement sous-estimée pour les scènes d'avril 1994 (cf. remarque précédente). Elle peut être à l'inverse localement influencée par les vergers de manguiers (*Mangifera indica*) et d'anacardiens (*Anacardium occidentale*), en forte expansion notamment dans le centre et le sud de la zone d'étude. Les fruits de ces



Coton après collecte, région de Korhogo. La collecte du coton est une activité manuelle qui mobilise toute la main-d'œuvre familiale disponible. De plus en plus de groupements de femmes s'organisent « pour louer » leurs services aux producteurs. La constitution de tels groupements permet aux femmes d'avoir accès aux ressources foncières et d'exploiter des champs (coton comme vivrier) pour leur propre compte. L'Afrique de l'Ouest compte plusieurs millions de cotonculteurs.

deux arbres correspondent aux deux plus importantes cultures de rente pérennes dans le nord du pays, le succès de ces filières d'exportation ayant particulièrement rejailli sur leurs productions. L'augmentation continue des vergers dans toutes les savanes de la région a eu ainsi pour effet l'accroissement du couvert arboré, estimé (pour toute la région Nord) à environ 3 000 à 4 000 hectares par an pour l'anacardier et 200 à 300 hectares par an pour le manguier à la fin des années 1990 (N'Da APOPO, 2001).

Les résultats obtenus ne peuvent toutefois pas être remis en cause fondamentalement. La forêt est bel et bien en train de disparaître (que ce soit 50 % ou 60 % de forêts qui aient disparu entre 1986 et 1994 ne change pas grand-chose), de même que les cultures progressent effectivement fortement (de 40 à 50 %), ainsi que les sols nus et dégradés (de 30 à 40 %).

L'influence de la taille du bassin versant, un problème d'échelle

Il est clair que la qualité de l'information fournie grâce à la télédétection est implicitement corrélée à la taille des zones examinées. Trois grandes catégories de bassins versants doivent être distinguées, sur la base des travaux réalisés à l'aide des scènes Landsat TM (résolution 30 m).

— Bassins dont la superficie est inférieure à 10 km² : pour cette première catégorie, on ne peut que dégager des tendances, en relation notamment avec la pression démographique, le caractère sauvage ou anthropisé, la densité de la végétation. Hormis les surfaces en eau qui restent facilement mesurables, il est très difficile de quantifier à cette échelle l'occupation du sol de façon précise.

— Bassins dont la superficie est comprise entre 10 et 25 km² : il devient possible de travailler de façon quantitative et de faire des commentaires détaillés sur l'occupation du bassin, en tenant néanmoins compte d'une incertitude liée dans notre cas au caractère particulier des dates d'acquisition des deux scènes. Certaines incongruités devront être interprétées par ailleurs. Les valeurs données pour chaque classe sont entachées d'une incertitude que l'on peut estimer autour de 20 %.

— Bassins dont la superficie est supérieure à 25 km² : les taux d'occupation du sol fournis par les classifications sont directement utilisables. Il apparaît bien entendu parfois quelques inexactitudes mais ces problèmes, très localisés, sont « nivelés » par la taille des bassins dont l'image globale est relativement fiable.

Si les classifications ont donné d'assez bons résultats pour ce qui est de l'occupation du sol, la simple composition colorée offre cependant les meilleures perspectives pour l'identification et le positionnement des retenues à l'échelle globale de la zone d'étude (140 x 130 km) et pour le calcul des surfaces en eau. La télédétection satellitaire permet en effet de constituer un inventaire exhaustif de toute mare dépassant un hectare (10 pixels) et de définir avec une précision acceptable sa géométrie pour une surface minimale de 10 hectares. La précision sur les surfaces est alors comprise entre 2 et 10 %. À titre indicatif, les mesures topographiques ont un coût par hectare environ dix fois plus élevé, induisent des problèmes logistiques et des délais bien plus importants, tandis que la précision sur les surfaces est de l'ordre de 1 %.

L'inventaire a permis d'identifier sur la zone d'étude couverte par les scènes Landsat 155 des petits barrages (fig. 1 cahier couleurs) dont la

Inventaire des petits barrages

surface en eau au cœur de la saison sèche est au moins égale ou supérieure à un hectare. Ce sont pour la plupart des ouvrages situés en tête de bassins et à proximité d'un ou plusieurs villages.

Si l'on admet que la période d'avril 1993 à avril 1994 correspond à une année moyenne (voire sèche) en terme de pluviométrie, on pourra alors considérer sur un plan purement hydrologique que les retenues qui n'étaient pas à sec en avril 1994 (138/155, soit près de 90 % d'entre elles) seront généralement pérennes. La majorité des réservoirs à sec en fin de saison sèche correspond à des ouvrages situés à l'exutoire de bassins versants de très petite taille (< 5 km²). Globalement situés « trop » en amont, avec des altitudes moyennes relativement élevées, ils ne peuvent bénéficier d'apports phréatiques conséquents. Les retenues sont là souvent de très petite taille, et, du fait de leur faible profondeur et de l'intense évaporation, leurs réserves ne peuvent se reconstituer. Ce même comportement avait été observé sur des bassins versants de faible superficie au sud du Mali, dans une région voisine et comparable à notre zone d'étude (JOIGNEREZ *et al.*, 1992).

La comparaison des distributions des surfaces des 114 réservoirs pour lesquels l'information est disponible aux deux périodes (les barrages manquants n'étaient pas édifiés en 1986) révèle que la surface médiane des aménagements en pleine eau était de 4,5 hectares (85 % d'entre eux faisant moins de 15 ha). Les 15 % de réservoirs de plus grande taille forment une classe nettement différente, dont la surface médiane est de 35,5 ha (fig. 2). Durant la saison sèche, la surface médiane est ramenée à 1,7 hectare. Pour seulement 10 % des réservoirs, la superficie du plan d'eau a été ramenée au quart de la taille en pleine eau, tandis que pour la majorité d'entre eux, cette réduction n'excède pas 50 % de la taille initiale (fig. 3).

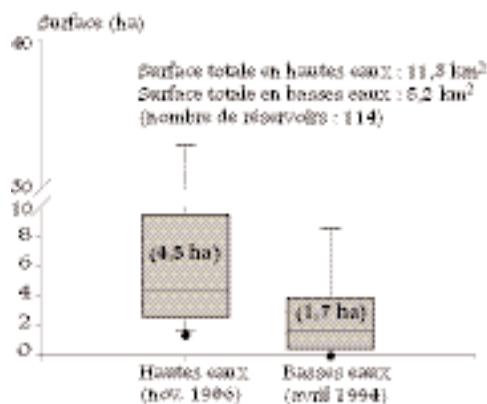
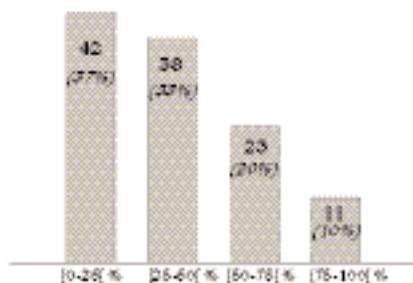


Fig. 2 - Distribution des surfaces en eau déterminées à partir des scènes Landsat TM de novembre 1986 (hautes eaux) et d'avril 1994 (basses eaux).

Les médianes des distributions sont indiquées entre parenthèses, les 1er et 3e quartiles définissent les limites des box plots (25 % et 75 % respectivement des valeurs sont comprises dans cet intervalle) tandis que les traits horizontaux indiquent les limites inférieures (5 %) et supérieures (95 %) de l'intervalle de distribution.

Les surfaces totales en eau occupées par les 114 petits barrages que l'on peut localiser sur les deux scènes et aux deux saisons sont précisées.

Fig. 3 - Rapport des surfaces en eau déterminées à partir des scènes Landsat TM de novembre 1986 (hautes eaux) et d'avril 1994 (basses eaux).



Les surfaces en eau occupées par les réservoirs aux périodes critiques de leur cycle hydrologique (11,3 km² et 5,2 km² respectivement en hautes et basses eaux) montrent que les petits barrages jouent à l'échelle régionale (celle couverte par les scènes Landsat, soit 18 200 km²) un rôle déterminant dans le stockage des ressources en eau. Les classifications supervisées ont ainsi révélé qu'en novembre (tabl. II), 60 km² étaient en eau : la contribution des petits barrages s'élevait alors à environ 19 % de cette surface totale. En saison sèche, en revanche, tandis que 18 km² de la surface totale étaient en eau, la contribution des petits barrages s'élevait, elle, à près de 30 % au travers de plans d'eau, certes de petite taille, mais très largement distribués dans les espaces ruraux.

Petit barrage en fin de saison sèche.
Le siphon installé au premier plan est utilisé pour l'irrigation du bas-fond situé en aval de la digue.
 Cette technique demeure peu utilisée, alors qu'elle permet le transport de l'eau souplement (le siphon peut être déplacé), sans effort (aidé en cela par la gravité) et à moindre frais (quelques mètres de tuyaux). Un tel système permet par exemple de sécuriser un cycle cultural pour compenser un déficit des apports naturels.



Conclusion

La caractérisation géographique entreprise par télédétection à l'aide d'un jeu de quatre scènes Landsat TM révèle les changements de l'occupation des sols dans le nord de la Côte d'Ivoire. Les analyses montrent qu'à différentes échelles, l'anthropisation des paysages est active, se traduisant par une nette diminution des espaces naturels (savanes arborées et forêts) au profit de zones altérées ou mises en culture. La part de l'édification des petits barrages dans ces dynamiques globales n'est pas clairement perceptible, tant en raison de la faible taille de leurs bassins versants, qui rend délicates les interprétations diachroniques à cette échelle, que du fait de tendances lourdes qui semblent concerner assez uniformément toute la zone. À l'inverse, il est vraisemblable que ces dynamiques globales auront un fort impact sur les coefficients d'écoulements et le ruissellement des bassins versants, et donc sur le fonctionnement hydrologique des retenues (cf. Gourdin *et al.*, ce volume).

L'inventaire par télédétection des retenues situées dans la région, réalisable tant en saison de hautes eaux (novembre 1986) qu'en cœur de saison sèche (avril 1994), révèle que, dans leur grande majorité, les réservoirs seront généralement pérennes en dépit de leurs faibles dimensions et conserveront en saison sèche une surface libre significative.

Cette observation est fondamentale en regard des objectifs assignés à ces aménagements (productions vivrières *sensu largo*) et souligne leur intérêt en terme de sécurisation des ressources en eau de contre-saison : en avril 1994, 30 % des ressources régionales étaient ainsi stockées dans les petits barrages. D'un tout autre point de vue, les surfaces périphériques des réservoirs, libérées à la faveur du tarissement saisonnier des retenues, vont constituer une autre ressource, foncière, stratégique car située à proximité immédiate des plans d'eau et aisément irrigable par le simple creusement de puits peu profonds (céanes qui se remplissent grâce à la nappe affleurante). Ces marges sont de plus en plus intensément exploitées pour des cultures maraichères à vocation marchande (Fromageot, ce volume) et vont contribuer significativement à l'anthropisation globale des écosystèmes.

Enfin, sauf perturbation majeure (comblement, sécheresse, absence d'écoulement ou à l'inverse rupture de l'ouvrage), le maintien en toute saison – en premier lieu en saison sèche – de stocks d'eau exploitables au sein de la majorité des réservoirs met en exergue l'importance et la durée des échanges qui lient les eaux de surface aux nappes phréatiques, et qui sont seuls à même de justifier la persistance des retenues tout au long de l'année. Les résultats obtenus montrent toutefois que cette situation ne se vérifie pas pour les petits barrages qui sont situés en

**Piste d'accès au lac de Sologo
au sud de Korhogo.
Cette zone est l'une des plus
densément peuplées de la région.
Quelques arbres utiles
ont été sélectionnés
dans un espace principalement
occupé par des champs de coton.
En arrière-plan, la rive gauche
du réservoir laisse encore place
à quelques bouquets forestiers.**



extrémité des têtes de bassins, où ils drainent des bassins versants de toute petite taille et où, surtout, les nappes ne se maintiennent pas durablement après le tarissement des écoulements. *A contrario*, dans de telles situations, l'implantation d'un petit réservoir peut se révéler suffisante pour « sécuriser » la ressource en eau localement disponible durant quelques mois après la fin de la saison des pluies. Cette sécurisation peut être une garantie de succès pour des cultures de bas-fonds traditionnelles, comme le riz, en protégeant les exploitants d'aléas hydrologiques d'autant plus contraignants que les bassins versants concernés sont de petite taille.

Références

- AHMADI N., 1997 – *Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali*. Collection Colloques, Montpellier, Cirad-CA, 500 p.
- BONN F., ROCHON G., 1992 – *Précis de télédétection*, Vol. n° 1 : *Principes et méthodes*. Québec, PUQ/Aupelf, 477 p.
- BONN F. (sous la direction de), 1996 – *Précis de télédétection*, Vol. n° 2 : *Applications thématiques*. Québec, PUQ/Aupelf, 642 p.
- BONNETT R., 1993 – *Land observation by remote sensing: Theory and applications*. Londres, CRC Press, 642 p.
- CASENAVE A., VALENTIN C., 1989 – *Les états de surface de la zone sahélienne*. Paris, Orstom, Coll. Didactiques, 227 p.
- CECCHI P., 1998 – De la construction d'un objet pluridisciplinaire : les Petits-Barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. *Natures, Sciences, Sociétés*, 6 (2) : 73-83.
- DEZETTER A., SERVAT E., 1992 – « Évaluation régionale des ressources en eau : la régionalisation des paramètres des modèles pluie-débit. Exemple de la zone Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. » In LE BARBE L., SERVAT E. (éd.) : *Régionalisation en hydrologie. Applications au développement*. Paris, Orstom, Colloques et Séminaires : 549-559.
- FOIN P., 1987 – *Cartographie topographique et thématique*. Paradigme, Coll. Télédétection satellitaire, (4), 127 p.
- FOIN P., BAUDOIN A., 1985, 1988, 1990 – *Cours de télédétection*. Fascicule 1 : *Bases physiques* (1988). Fascicule 2 : *Bases sur la connaissance du milieu naturel et humain* (1985). Fascicule 4 : *Système de télédétection, Géométrie des images* (1990). Fascicule 5 : *Méthodologie* (1990). Paris, IGN, 53 + 78 + 95 + 83 p.
- Inventaire des retenues et barrages de Côte d'Ivoire*, 1992 – Direction des grands travaux, Abidjan, Côte d'Ivoire, 151 p. + annexes.
- JOIGNEREZ A, OLIVRY J.-C., GUIGEN, N., 1992 – *Évaluation des ressources en eau non pérennes au Mali*. Rapport final, Projet DNHE, Orstom, Pnud, Orstom Bamako, Mali, 85 p.
- LAMACHÈRE J.-M., PUECH C., 1995 – « Télédétection et régionalisation de l'aptitude à l'écoulement et à l'infiltration des sols en Afrique sahélienne et nord-soudanienne. » In LE BARBE L., SERVAT E. (éd.) : *Régionalisation en hydrologie. Applications au développement*. Paris, Orstom, Colloques et Séminaires : 205-228.
- N'DA APOPO A., N'GUESSAN K. A., KEHE M., DEA G. B., KOFFI E., 2001 – « Impact de l'anacardier et du maniguier sur l'environnement et les revenus des paysans au Nord de la Côte d'Ivoire. » In CIRAD (éd.) : *L'avenir des cultures pérennes. Investissement et durabilité en zone tropicale humide*, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 05-09 novembre 2001.
- THENKABAIL P. S., NOLTE C., 1995 – *Mapping and characterizing inland valley agroecosystems of West and Central Africa: A methodology for integrating sensing, global positioning system, and ground-truth data in a geographic information system framework*. Research Monograph n° 16. Resource and Crop Management Division, IITA, Ibadan, Nigeria, 62 p.

Caractérisation hydrologique des petits barrages

Franck Gourdin

Philippe Cecchi

Daniel Corbin

Jackie Étienne

Soungalo Koné

Alain Casenave

Qu'il s'agisse de « fonctionnement » ou d'« usages », il est évident que la disponibilité de la ressource en eau est l'un des éléments qui conditionnent fondamentalement la valorisation des petits barrages. Édifiés voilà déjà plusieurs années, voire dizaines d'années, on sait maintenant que les chroniques anciennes utilisées pour le dimensionnement des ouvrages diffèrent singulièrement des chroniques mises à jour avec les données des années récentes (HUBERT *et al.*, 1998). Paradoxalement, tandis que les séries pluviométriques se caractérisent par une nette diminution des apports, des travaux récents révèlent simultanément une augmentation des coefficients de ruissellement des bassins versants (MAHE *et al.*, 2003). Le comportement hydrologique des bassins soudano-sahéliens paraît de fait en pleine mutation : l'effet direct d'un changement climatique, l'évolution des couverts végétaux, des états de surface et d'occupation des sols sur les bassins versants, ou encore la perturbation des réseaux hydrographiques par la multiplication d'ouvrages de prise et de stockage sont autant d'éléments susceptibles d'interagir. En tout état de cause, la capacité actuelle des retenues et les conditions (climatiques et hydrologiques) nécessaires à leur remplissage doivent désormais être réévaluées.

D'un autre point de vue et du fait de la saisonnalité des écoulements en régime soudano-sahélien, la variabilité hydrologique au sein même des réservoirs exerce un très fort contrôle sur les ressources diverses associées aux petits barrages. En terme de variabilité, il convient donc de caractériser les divers états des systèmes aquatiques, en fonction des rythmes d'alternance des périodes de crue et d'étiage. Une approche précise, à court pas de temps, du fonctionnement hydraulique des lacs en relation avec les apports et les pertes est donc apparue incontournable.

Introduction

Les résultats présentés ne prétendent pas rendre compte du fonctionnement hydrologique complexe de cette zone de savane de transition, par le passé abondamment étudiée par les hydrologues de l'Orstom (voir notamment CAMUS *et al.*, 1976 ; Équipe Hyperbav, 1990 et références incluses). Cette complexité est encore accrue dans le contexte des bassins versants de petite taille ($\leq 20 \text{ km}^2$) qui sont drainés pour l'alimentation des réservoirs. Les résultats proposés ainsi visent d'abord à examiner les contraintes hydrologiques qui pèsent sur les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire et à aborder leur spécificité.

La pluviométrie dans le nord de la Côte d'Ivoire

Le territoire ivoirien est marqué par une grande hétérogénéité de conditions pluviométriques (fig. 1), depuis les zones soudaniennes du sud du pays, où la pluviométrie est abondante (jusqu'à plus de 2 000 mm an^{-1} à l'extrême sud-ouest, structure bimodale), jusqu'aux régions septentrionales sahélo-soudaniennes, frontalières du Burkina Faso et du Mali (de l'ordre de 1 000 mm an^{-1} , structure monomodale).

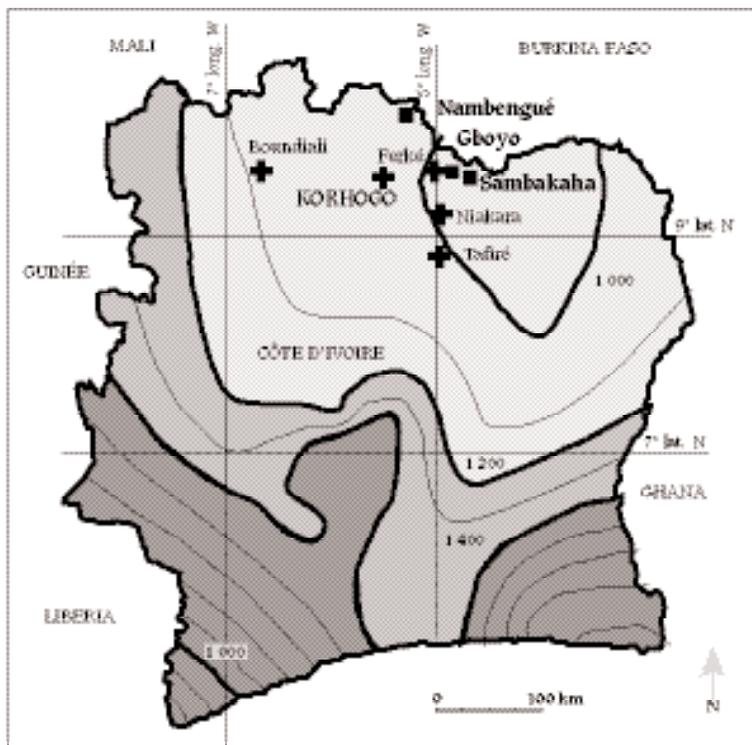


Fig. 1 - Isohyètes interannuelles (mm) sur la période 1966-1995.

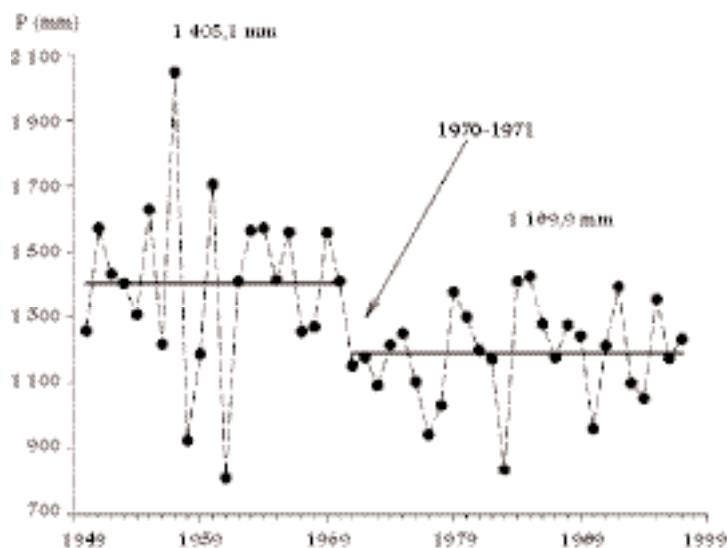
Sont figurés :

- +** : postes pluviométriques dont les séries longues ont été utilisées pour les analyses de segmentation ;
- : les trois réservoirs équipés pour les suivis hydrologiques.

(Source : Direction de l'Eau à Abidjan)

À cette forte hétérogénéité spatiale, se superpose une importante variabilité temporelle, perceptible à diverses échelles, et marquée en premier lieu, à l'échelle ouest-africaine tout entière, par une discontinuité dans les chroniques pluviométriques (MAHÉ *et al.*, 2001). L'utilisation de la méthode de segmentation de Hubert, qui permet de discriminer des séquences stationnaires au sein des séries longues (HUBERT *et al.*, 1989), met clairement en exergue la rupture observée à partir des années 1970 (fig. 2). L'application de cette procédure à l'ensemble des séries longues disponibles pour le nord de la Côte d'Ivoire (Korhogo, Boundiali, Ferkéssédougou, Niakaramandougou et Tafiré, fig. 1) réaffirme le caractère général des tendances observées (tabl. I).

Fig. 2 - Pluviométrie annuelle à Korhogo (P) de 1950 à 1998 ; les pluviométries annuelles moyennes des deux sous-séries stationnaires [50-70] et [71-98], discriminées ($p = 0,05$) par la méthode de segmentation de Hubert (libre accès sur Internet <<http://www.cig.ensmp.fr/~hubert/segment.htm>>) sont indiquées.



Tabl. I - Application de la procédure de segmentation de Hubert ($p = 0,05$) aux séries longues disponibles pour le nord de la Côte d'Ivoire. La longueur des séries (N), et les moyennes (en gras) et écarts-types (en italique) des sous-séries stationnaires sont présentées.

(Sources : Comité interafricain d'études hydrauliques (CIEH), Agence pour la sécurité de la navigation aérienne (Asecna) et IRD.

Boundiali (N = 41)	[1950 - 1975] 1669,2 (<i>354,6</i>)	[1976 - 1990] 1266,4 (<i>214,5</i>)
Korhogo (N = 49)	[1950 - 1970] 1405,1 (<i>266,4</i>)	[1971 - 1998] 1189,9 (<i>146,3</i>)
Ferkéssédougou (N = 47)	[1950 - 1965] 1440,6 (<i>252,3</i>)	[1966 - 1996] 1160,7 (<i>154,7</i>)
Niakaramandougou (N = 38)	[1953 - 1968] 1268,2 (<i>231,5</i>)	[1969 - 1990] 1060,8 (<i>198,2</i>)
Tafiré (N = 39)	[1952 - 1968] 1205,8 (<i>287,4</i>)	[1969 - 1990] 1019,2 (<i>198,6</i>)

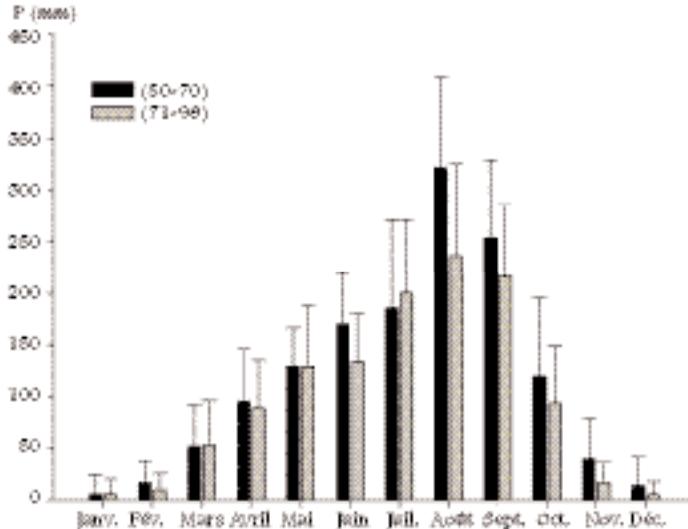


Fig. 3 - Pluviométrie mensuelle moyenne à Korhogo (P) pour chacune des deux sous-séries différenciées par la méthode de Hubert.

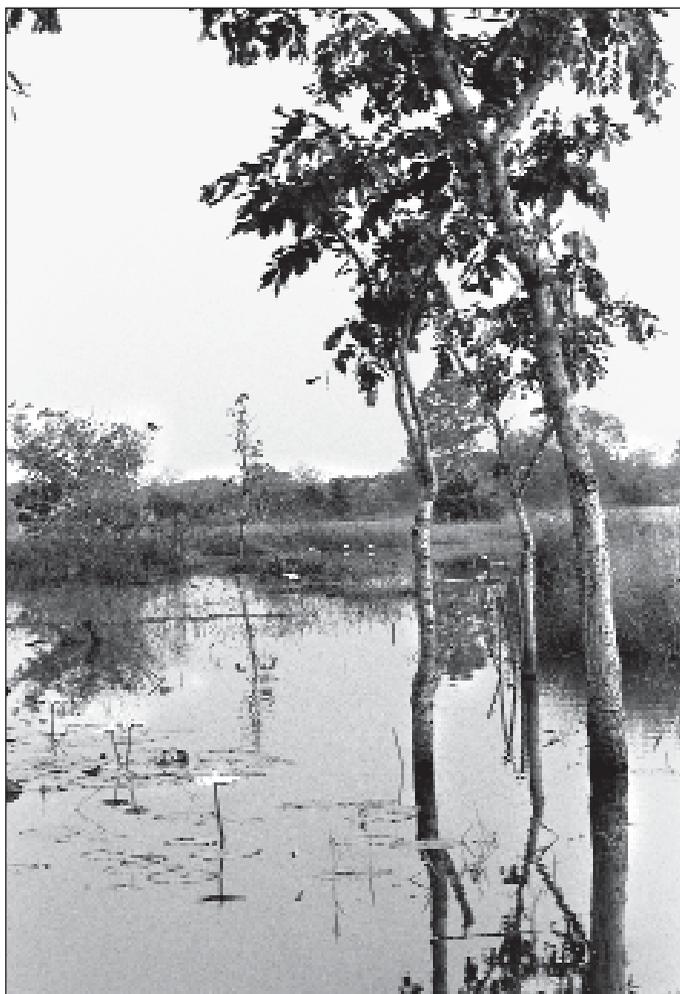
Ces résultats indiquent notamment que la péjoration pluviométrique (de l'ordre de 250 mm an⁻¹ en moyenne) qui a débuté fin des années 1960 – début des années 1970 se poursuit encore à l'heure actuelle, puisque aucune segmentation positive n'a été enregistrée depuis.

La structure monomodale de la répartition des pluies demeure en revanche inchangée (fig. 3).

Ce contexte climatique justifie *a posteriori* les efforts entrepris par les autorités ivoiriennes pour sécuriser les ressources en eau dans le nord du pays. Trente-quatre réservoirs de grande taille ont été édifiés dans les années 1970 pour l'irrigation de productions vivrières (riziculture) et commerciales (canne à sucre), tandis que 269 petits barrages dévolus spécifiquement à l'abreuvement du bétail durant la saison sèche y ont été créés à partir des années 1980.

Dans les deux cas, l'objectif était explicitement de rendre saisonnièrement disponibles les ressources en eau, pour l'irrigation de contre-saison et la sédentarisation des troupeaux sur leurs parcours de saison sèche. L'exploitation rationnelle de ces ressources en eau ne s'opposait *a priori* en rien à leur épuisement annuel. Pour autant, la persistance effective de la plupart des retenues a rapidement permis d'envisager le développement d'activités artisanales – pêche en premier lieu – complémentaires de la vocation initiale des réservoirs. Dans le cas des réservoirs à vocation pastorale, le contrôle de l'exploitation halieutique est même devenu un outil de gestion des aménagements (voir Coulibaly *et al.*, ce

**Brumes du petit matin sur les berges
du réservoir de Solomougou.
En hautes eaux, toute la cuvette lacustre
est inondée et de vastes surfaces situées
sur la périphérie du lac sont ennoyées.
Ces aires inondées, très attractives
pour les poissons, constituent autant
de refuges où de nombreuses espèces
viennent se reproduire.**



volume). La pérennisation de la ressource en eau à l'échelle interannuelle devenait alors une condition *sine qua non* au renouvellement des populations de poissons exploitées.

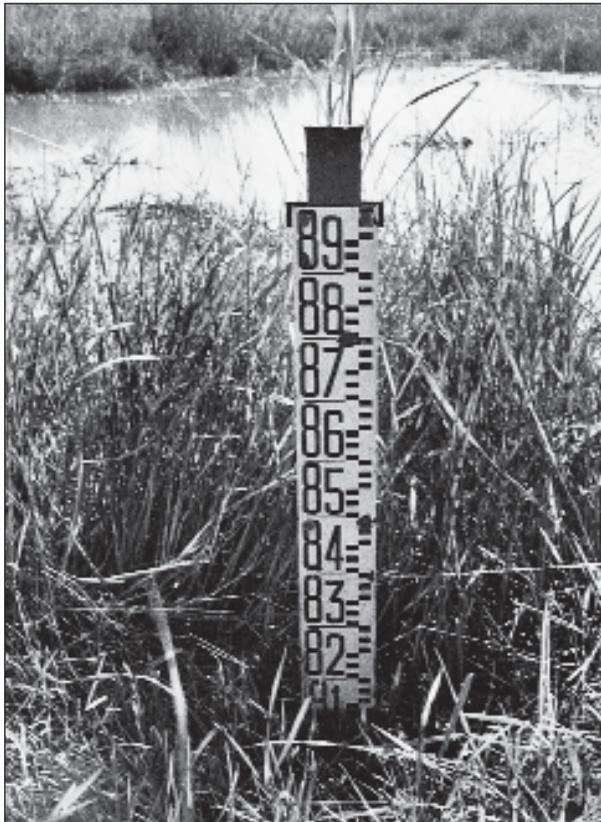
De fait, si la plupart des retenues à vocation pastorale apparaissent généralement pérennes (Gourdin *et al.*, ce volume), elles sont cependant caractérisées par des rythmes saisonniers extrêmement contrastés. Les variations observées (de cote, et donc de surface et de volume) déterminent ainsi les caractéristiques et contraintes d'habitats auxquels sont soumis les peuplements qui, spontanément ou à la faveur d'introductions, ont colonisé les réservoirs.

Fonctionnement hydrologique des réservoirs

L'équipement et le suivi quotidien de quelques réservoirs avec des installations hydrologiques simples (stations limnigraphiques dans les réservoirs, déversoirs et affluents principaux ; un poste pluviométrique au moins par bassin versant) ont permis de réaliser un suivi hydrologique complet au pas de temps journalier durant 16 mois (avril 1997-septembre 1998 ; tabl. II, fig. 4).

	Latitude N	Longitude W	Aire BV (km ²)	Superficie (ha)	Prof. max (m)	Volume (10 ³ m ³)
Nambengué	10° 03' 12"	05° 18' 57"	11,0	9,5	2,85	105
Sambakaha	09° 24' 09"	05° 06' 21"	21,2	14,7	3,00	139
Gboyo	09° 26' 32"	05° 07' 55"	10,2	7,1	2,85	80

Tabl. II - Localisation et caractéristiques des réservoirs équipés (aire des bassins versants ; superficie, profondeur maximale et volume des réservoirs à la cote de déversement).



Échelle limnologique installée dans le réservoir de Nambengué. La lecture d'une échelle limnimétrique est une opération simple et peu coûteuse qui permet de connaître avec précision la surface en eau et la capacité disponible d'un réservoir, une fois calibrées ses courbes de tarage.

Le schéma général du fonctionnement hydrologique des réservoirs repose sur leur remplissage saisonnier à la faveur du gonflement annuel du ou des marigots dont ils sont tributaires. La cote maximale des plans d'eau est définie par la hauteur du seuil qui équipe les déversoirs de la plupart des digues : seule une fraction des écoulements est ainsi retenue. La durée de la période de déversement est généralement limitée aux mois d'hivernage (août-novembre). Des événements pluviométriques intenses peuvent toutefois interrompre le cycle de décrue et induire un remplissage précoce (par exemple en juin 1997 à Sambakaha, suite à une pluie de 87,5 mm en quelques heures ; fig. 4 B).

Si le mécanisme de décrue durant la saison sèche est relativement uniforme et linéaire pour les différentes retenues (variant entre 5,2 mm j⁻¹ à Sambakaha et 8,6 mm j⁻¹ à Gboyo), il n'en va pas de même du mécanisme de remplissage en saison des pluies, où les réponses aux précipitations sont très variables, dépendantes à la fois du niveau de la nappe, du type de sol, du degré de saturation en eau et de la nature du couvert végétal.

Les différences sont franches : la retenue de Nambengué (fig. 4 A) réagit immédiatement aux précipitations (nappe affleurante) tandis que le temps de réaction des retenues de Sambakaha et Gboyo (fig. 4 B et 4 C) est beaucoup plus lent : il faut ainsi 450 mm répartis sur trois mois environ pour amorcer le remplissage de ces réservoirs.

**Limnigraphe sur la digue
du réservoir de Nambengué
(axe Ouangolodougou Niellé).
Si pour l'ensemble des lacs étudiés,
le mécanisme de décrue durant
la saison sèche est relativement
uniforme et linéaire, les réactions
aux précipitations et aux écoulements
sont extrêmement contrastées.
Cette hétérogénéité hydrologique
est conditionnée par des facteurs
morphologiques et édaphiques
mais également contrainte
par l'évolution des états de surface
des petits bassins versants
dont les réservoirs sont tributaires.**



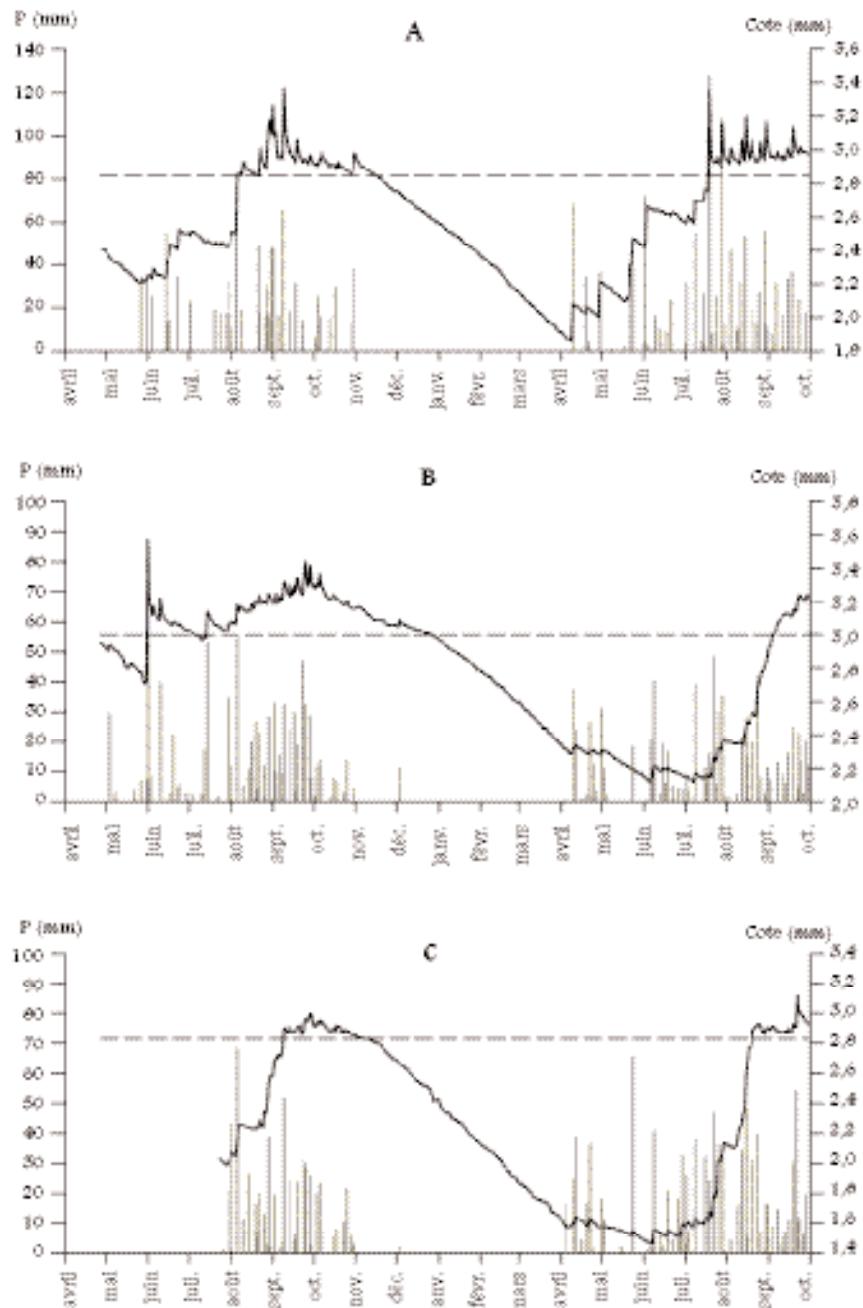


Fig. 4 - Pluviométrie (histogramme) et variation de cote (trait) entre avril 1997 et octobre 1998 de trois petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire (A : Nambengué, B : Sambakaha, C : Gboyo ; voir localisation sur la figure 1). La ligne horizontale (tirets) situe la cote de déversement de chacune des retenues.

L'importante hétérogénéité des réactions des petits bassins versants aux événements pluvieux, et, simultanément, la multitude de critères qui décident des capacités de ruissellement des bassins en zone soudano-sahélienne ont maintes fois été relevées (voir ALBERGEL *et al.*, 1993 ; NOUVELOT, 1993 ; FAO, 1996). Ce différentiel dans les réponses des bassins versants n'est pas seulement lié aux caractéristiques intrinsèques des bassins et des réservoirs. Taille, pente, indice de compacité et géologie des bassins, d'une part, forme de l'averse, d'autre part, jouent un rôle déterminant. Pour les bassins cultivés et sans grand relief, l'humidité du sol et l'état végétatif prennent une grande importance, tandis que le rôle de la formation géologique en profondeur devient secondaire : la nature et le travail du sol jouent alors un rôle essentiel dans l'infiltration (JOIGNEREZ et GUIGEN, 1991).

Au-delà des facteurs strictement morphologiques (les bassins) et climatiques (les pluies), l'anthropisation des versants, au travers des cycles de culture, des mises en jachères, ou à l'inverse des brûlis, constitue un facteur dynamique, évolutif dans le temps comme dans l'espace, qui contribue de façon déterminante à structurer tant le ruissellement que l'infiltration et la recharge des nappes. L'incidence des nappes sur le renforcement des écoulements est cependant difficile à prendre en compte : des indices géomorphologiques peuvent suffire pour chiffrer l'ensemble des facteurs d'écoulement. Mais ils ne peuvent rendre compte de l'influence de la nappe souterraine qui, lorsqu'elle affleure, peut augmenter considérablement les volumes d'écoulement. Cette lacune pourra alors entraîner de fortes sous-estimations des débits écoulés, particulièrement dans les zones où les niveaux piézométriques sont sub-affleurants (cas de Nambengué).

La contribution du ressuyage des nappes au bilan hydrique des réservoirs se manifeste durablement après le tarissement des écoulements superficiels. La profondeur moyenne des sites équipés pour cette étude varie entre 0,95 et 1,15 m. Autrement dit, avec une évapotranspiration annuelle supérieure à 1,3 m, ces réservoirs devraient théoriquement s'assécher annuellement en l'absence d'apports phréatiques suffisamment conséquents pour limiter l'impact de cette demande évaporatoire. Les études anciennes menées sur bassins versants expérimentaux avaient de fait largement démontré que la contribution des nappes, pouvant varier entre 40 et 90 % de l'écoulement global, est fondamentale dans le bilan hydrologique des petits bassins versants soudano-sahéliens (CAMUS *et al.*, 1976 ; HYPERBAV, 1990).

Courbe Hauteur-Surface- Volume standard

De nombreux facteurs concourent à induire une forte variabilité dans la géométrie des petits barrages. Les trois paramètres les plus simples qui caractérisent cette géométrie sont sa profondeur (H), sa surface (S) et son volume (V). La notion de base repose sur la caractérisation de la loi volumique des réservoirs, de la forme $V = K (H)^\alpha$. Le coefficient α , appelé coefficient de forme, varie avec la concavité des berges. Le coefficient K, appelé coefficient d'ouverture, varie lui avec la forme de la vallée : plus la vallée est ouverte, plus sa pente est faible, plus grand est ce coefficient. Pratiquement, le coefficient K correspond au volume du réservoir pour une lame d'eau de 1 m. Nous renvoyons le lecteur à la thèse de François MOLLE (1991) qui propose une analyse très détaillée de la géométrie des Açudes du Sertão brésilien. Les mêmes principes géométriques et donc méthodes de calcul sont applicables aux réservoirs ouest-africains.

Des topographies et bathymétries précises ont été réalisées pour huit petits barrages (CORBIN et ÉTIENNE, 1998). Des courbes Hauteur-Volume-Surface (H-V-S) en ont été déduites, affinées ensuite sur la base des suivis limnimétriques réalisés sur les différents sites et après élimination de tous les points parasites. Pour chaque réservoir, les relations liant les différents paramètres de sa géométrie ont été établies. Les moyennes des coefficients des différentes régressions spécifiques obtenues pour chacune des retenues ont ensuite été considérées pour établir les équations moyennes (fig. 5 et 7).

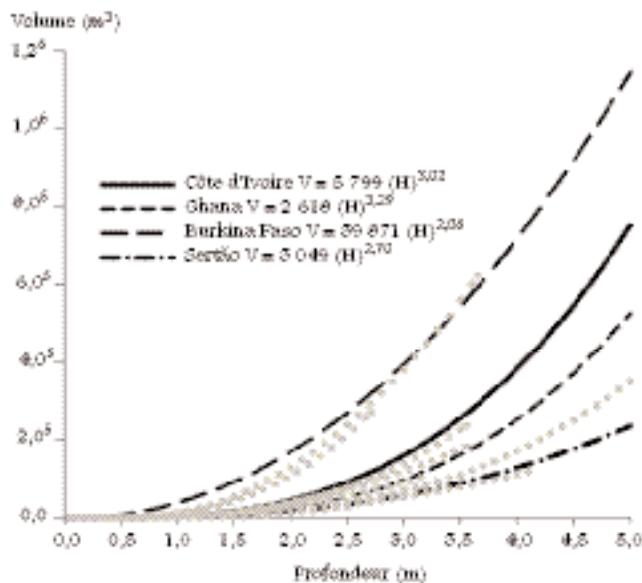


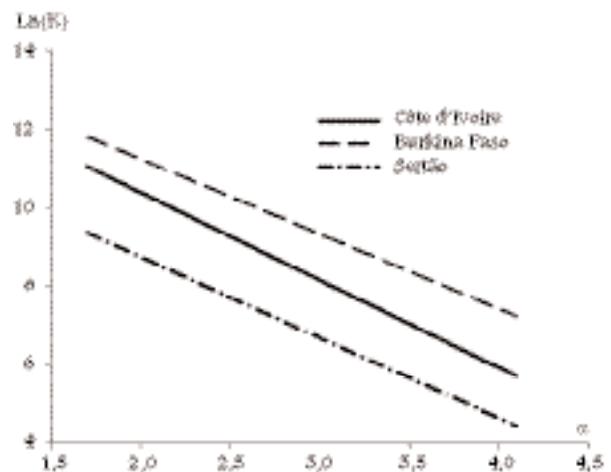
Fig. 5 - Lois volumiques moyennes obtenues pour quatre ensemble de réservoirs :
 Côte d'Ivoire (cette étude) ;
 Ghana (LIEBE, 2002) ;
 Burkina Faso (D'AT DE ST FOULC *et al.*, 1985) ;
 Brésil (MOLLE, 1991).
 Les points gris indiquent les lois volumiques de chacun des huit réservoirs ivoiriens considérés dans cette étude, à partir desquelles la loi volumique moyenne (trait plein) a été calculée.

La loi volumique moyenne $V = 5\,799 (H)^{3,02}$ obtenue à partir de notre échantillon de huit réservoirs du nord de la Côte d'Ivoire est présentée figure 5, en regard des relations de même forme obtenues par d'autres auteurs sur d'autres ensembles de réservoirs (D'AT DE ST FOULC *et al.*, 1985 ; MOLLE, 1991 ; LIEBE, 2002). Ces auteurs ont tous insisté sur la très importante dispersion des courbes individuelles spécifiques de chacun des barrages considérés autour des lois moyennes. Les valeurs des coefficients K et α , caractéristiques d'un réservoir donné, sont en effet assez sensibles, en particulier à la détermination du point le plus bas du réservoir à partir duquel les hauteurs seront mesurées. La faible taille de notre échantillon ne permet pas l'analyse de la variabilité de ces coefficients, et *a fortiori* des causes de cette variabilité.

Pour autant, chaque courbe moyenne est indicatrice d'un comportement général, dans le contexte géomorphologique particulier de la région d'implantation des réservoirs. Sa comparaison avec d'autres courbes moyennes extraites d'autres jeux de données peut être informative. Il existe ainsi généralement une relation linéaire inverse qui lie ces deux coefficients moyens et qui met en exergue les différences géomorphologiques évoquées précédemment, avec, pour des réservoirs dotés de coefficients de forme (α) élevés, des coefficients d'ouverture (K) faibles, et inversement (fig. 6).

À profondeur constante (K correspondant au volume d'un réservoir pour une lame d'eau de 1 m), les réservoirs du Burkina Faso feront face à une demande évaporatoire beaucoup plus élevée que les réservoirs du Nordeste brésilien, et dans une moindre mesure que ceux de Côte

Fig. 6 - Relations entre les coefficients d'ouverture (K) et de forme (α) en Côte d'Ivoire, au Burkina Faso et dans le Sertão brésilien. Il n'existe pas de telle relation pour les réservoirs du Ghana.



d'Ivoire en raison de pentes plus faibles et donc de surfaces de miroir d'eau plus grandes. En conséquence, à un volume stocké déterminé peuvent correspondre des digues d'importance et donc de coûts très différents. De la géométrie du réservoir, en particulier du profil de la vallée à la hauteur du barrage, dépendra donc la qualité économique du projet. Cette qualité peut se ramener à l'étude du rapport volume d'eau stockée/volume de terre de la digue, dont dépendra *in fine* le coût du mètre cube d'eau stockée.

La surface des plans d'eau est une information d'accès aisé par télédétection (voir Gourdin *et al.*, ce volume). Il peut donc être intéressant et utile de rechercher une relation liant surface (S) et volume (V) des réservoirs, qui, si elle existe, ouvrira des perspectives d'évaluation rapide et synoptique des ressources en eau à l'échelle régionale, à partir des surfaces en eau estimées par télédétection (fig. 7).

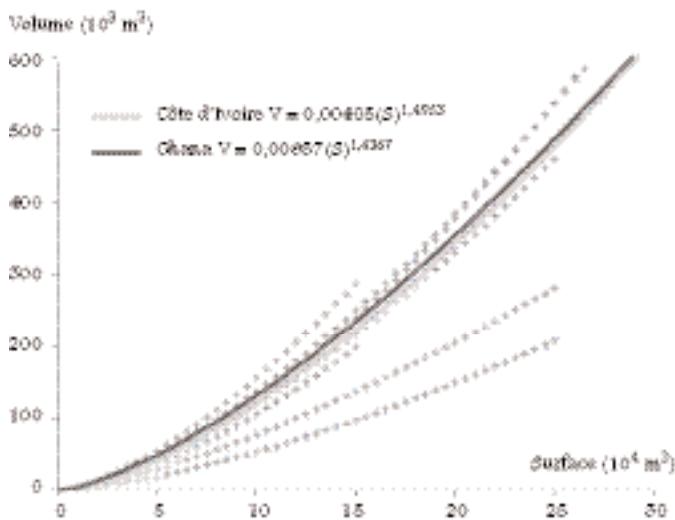


Fig. 7 - Lois d'estimation des volumes à partir des surfaces des réservoirs.
En noir, loi moyenne pour l'échantillon des 8 réservoirs du nord de la Côte d'Ivoire, en gris, pour un échantillon de 61 réservoirs du Ghana.
Les croix représentent les relations spécifiques de chacun des 8 réservoirs de Côte d'Ivoire à partir desquels la relation moyenne a été établie.

Le faible effectif de notre échantillon limite une nouvelle fois la portée de la relation établie pour les réservoirs nord-ivoiriens, tant la diversité géométrique des réservoirs peut potentiellement induire de variabilité lors de la définition des coefficients de l'équation $V = V_0 (S)^{\alpha}$ liant le volume d'un réservoir à sa surface. L'équation moyenne établie à partir des coefficients spécifiques de chacun des huit réservoirs considérés (fig. 7) se révèle toutefois très proche de l'équation moyenne obtenue dans le nord du Ghana (LIEBE, 2002).

S'il paraît difficile de pousser plus avant la comparaison entre ces deux ensembles de réservoirs, deux points sont cependant à souligner :

- le coefficient de la fonction puissance est très proche de 1,5, valeur théorique attendue pour une demi-pyramide parfaite dont le volume croît selon la loi $V = (S)^{3/2}$: les réservoirs considérés, de petite taille, présentent une réelle unité morphologique (MOLLE, 1991) ;
- la rigueur méthodologique mise en œuvre tant sur le terrain que pour l'exploitation des données a permis au Ghana de valider à plus de 95 % les volumes estimés à partir des surfaces mesurées par télédétection par comparaison aux volumes effectivement stockés dans les réservoirs (LIEBE, 2002) : la méthode est robuste. Elle mériterait, par un effort de terrain soutenu sur un large échantillon, d'être appliquée aux réservoirs du nord du pays pour établir et valider une relation véritablement représentative.

Les approches précédentes ne permettent pas d'estimer *a priori* les conditions de remplissage des réservoirs pastoraux du nord de la Côte d'Ivoire. Des diverses méthodes employées en Afrique occidentale pour l'évaluation des écoulements sur des bassins non jaugés, la méthode Vuillaume-Dubreuil (DUBREUIL et VUILLAUME, 1975) était ici la seule utilisable sur la base des informations disponibles. Cette méthode consiste à déterminer l'écoulement moyen annuel des bassins versants non jaugés à partir de leurs caractéristiques physiques et climatiques. Elle est applicable entre les isohyètes 400 et 4 200 mm pour des bassins dont la superficie est comprise entre 10 et 100 km².

Les variables utilisées pour le calcul des coefficients d'écoulement (rapport entre la lame écoulee et la lame précipitée) sont la superficie du bassin, la pente, la nature du sol et un facteur climatique représentant la part disponible pour l'écoulement de l'apport pluvial en tenant compte de l'évapotranspiration. La lame écoulee annuelle moyenne E_c est déterminée à l'aide de relations issues de régressions multiples établies graphiquement. En région de savane arbustive (650 à 1 150 mm), E_c s'écrit (FAO, 1996) :

$$E_c \text{ (mm)} = 0,47 \times P_r - 33 \times \log(S) + 0,54 \times D_s + A$$

Avec :

P_r (pluie réduite, mm) : part disponible pour l'écoulement de l'apport pluvial (après évapotranspiration) considéré à l'échelle mensuelle.

$$P_r = \sum_i \delta_i \times (P_i - \text{ETB}/36)$$

P_i : pluie mensuelle du mois i (mm)

ETB : évaporation annuelle moyenne (mm)

$\delta_i = 0$, si $P_i \leq \text{ETB}/36$; $\delta_i = 1$, si $P_i > \text{ETB}/36$

Évaluation des écoulements annuels à partir de la méthode Vuillaume-Dubreuil

S : superficie du bassin versant en km²,

D_s : dénivelée spécifique en m,

A : terme d'aptitude à l'écoulement, égal à - 85 mm pour des terrains granitiques perméables.

Ces coefficients ont été calculés entre 1977 et 1996 pour 33 petits bassins (S ≤ 50 km²) du nord du pays. Les informations requises relatives aux bassins versants ont été extraites des cartes topographiques au 1/50 000, et des cartes géologiques et pédologiques disponibles à diverses échelles. Les informations pluviométriques ont été reprises des recueils anciens : chaque bassin a été associé au poste pluviométrique le plus proche.

Les valeurs annuelles des coefficients d'écoulement calculés pour chacun des bassins sont assez peu dispersées avec une moyenne égale à 23,2 % et un écart-type de 3,9 % (extrêmes : 2 % et 40 %). Il n'y a pas d'évolution significative du coefficient de ruissellement annuel moyen au cours du temps, et seule l'année 1983, qui correspond à l'une des années les plus sèches connues en Côte d'Ivoire, apparaît remarquable (fig. 8).

Les variations des coefficients d'écoulement paraissent directement liées aux fluctuations des précipitations. Pourtant l'anthropisation croissante de nombre de bassins versants durant cette période s'est traduite par une nette évolution, sinon altération, des états de surface (cf. Gourdin *et al.* ce volume), avec un impact attendu sur leur comportement hydrologique qui n'est pas perceptible ainsi.

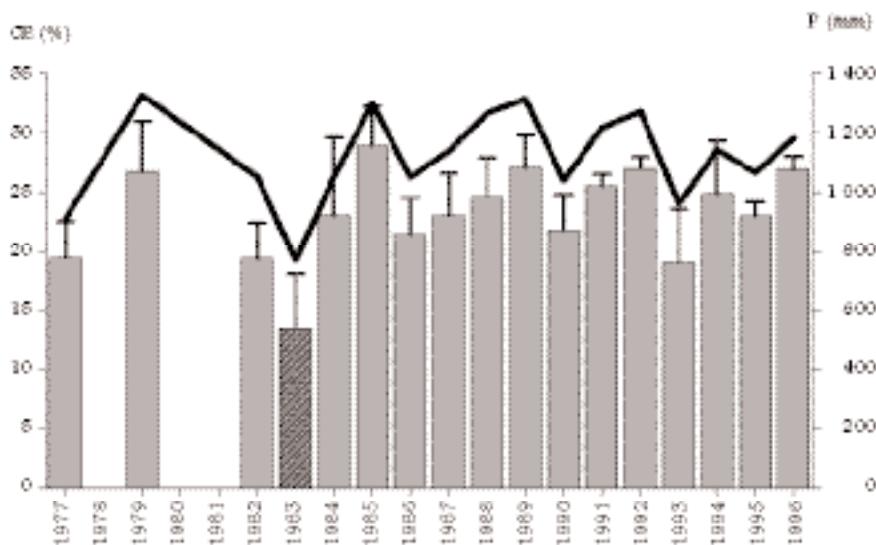


Fig. 8 - Évolution des coefficients d'écoulement moyens (CE %, histogramme) calculés annuellement pour 33 petits bassins versants du nord de la Côte d'Ivoire par la méthode Vuillaume-Dubreuil et de la pluviométrie moyenne annuelle (P mm, trait) sur la zone entre 1977 et 1996. L'année 1983, remarquablement sèche, est indiquée.

En termes de volume, les écoulements associés correspondent en moyenne à $260\,000\text{ m}^3\text{ km}^{-2}\text{ an}^{-1}$ au cours des 20 dernières années. La part du ruissellement a été estimée entre 20 et 30 % de l'écoulement total (régime tropical de transition) à partir des abaques Orstom qui prennent en compte les valeurs de pente et de perméabilité des bassins.

Ainsi de 70 à 80 % des écoulements seraient dus à la restitution des nappes souterraines.

Les approches précédentes ont été complétées par l'étude de trois grands bassins du nord de la Côte d'Ivoire, de superficies comprises entre 300 et 1 500 km², et pour lesquels l'information satellitaire disponible est directement exploitable :

- le Solomougou à Ziébatogo (1 510 km²) ;
- le Lafigué, route de Badikaha (443 km²) ;
- et le Yoréloro à Kategué (338 km²).

Les calculs des coefficients d'écoulement annuels ont été repris à partir de données hydrométriques et pluviométriques fournies par la Direction de l'eau du Service hydrologique d'Abidjan.

Parallèlement, les pourcentages des différentes classes d'occupation des sols sur ces bassins en novembre 1986 et avril 1994 ont été déterminés (cf. Gourdin *et al.*, ce volume). L'évolution de la contribution des différentes classes a été comparée à celle des coefficients d'écoulement sur la même période.

La mise en évidence d'éventuelles tendances dans l'évolution des coefficients d'écoulement a reposé d'abord sur le calcul des moyennes mobiles (pas de temps de deux ans) des séries de chacun des bassins (histogrammes sur les figures 4 a, 4 b et 4 c du cahier couleurs). Pour chaque année, l'écart entre le coefficient d'écoulement précédemment calculé et la valeur moyenne de ce coefficient pour l'ensemble de la série a ensuite été représenté (courbes en trait plein superposées aux histogrammes précédents). L'évolution temporelle de cet indice rend compte de la stationnarité ou non de la série.

Les résultats obtenus pour chacun des bassins sont très contrastés, avec, pour le Lafigué, une nette tendance à l'augmentation des coefficients d'écoulement tandis que pour le Yoréloro, ceux-ci ne paraissent pas avoir évolué sensiblement. La situation est plus complexe pour le Solomougou.

Mise en évidence de l'importance de la variable « occupation du sol » sur l'écoulement à une échelle intermédiaire

		Novembre 1986	Avril 1994
Lafigué	classes [2-4]	41,6%	59,0%
	classes [7-9]	22,0%	10,2%
Solomougou	classes [2-4]	8,9%	18,7%
	classes [7-9]	63,7%	47,2%
Yoréloro	classes [2-4]	3,6%	3,2%
	classes [7-9]	77,2%	79,6%

Tabl. III - Évolution de la contribution des différentes classes d'occupation des sols entre novembre 1986 et avril 1994, sur trois grands bassins versants du nord de la Côte d'Ivoire.

On observe par ailleurs que l'extensification des surfaces cultivées, des sols nus ou dégradés, et des zones d'habitat, au détriment des zones sauvages, savane et forêts (classes [2-4] et [7-9] dans le tableau III, respectivement) a affecté différemment les trois bassins considérés.

Ainsi dans le cas du Lafigué (fig. 4 a du cahier couleurs), les coefficients d'écoulement qui étaient compris jusqu'au début des années 1980 entre 5 et 15 % augmentent ensuite de façon spectaculaire pour atteindre près de 50 % en 1992. La classe des formes d'occupation de l'espace associée à l'anthropisation des milieux augmente dans la même période de près de 20 % (tabl. III).

À l'inverse, pour le bassin du Yoréloro à Kategué (fig. 4 b), sauvage et peu soumis aux diverses pressions anthropiques jusqu'à aujourd'hui, les valeurs des coefficients d'écoulement restent assez stables, et ne dépassent pas 10 %. Simultanément, il n'y a pas d'évolution de la contribution des différentes classes d'occupation de l'espace (tabl. III).

Le cas du bassin du Solomougou est plus complexe (fig. 4 c). La zone marquée par l'influence de la ville de Korhogo, à l'est du bassin, ainsi que le couloir entre Dikodougou et Korhogo (axe nord-sud bien visible au centre du bassin), se dégrade rapidement, tandis que le reste du bassin demeure relativement peu anthropisé. Par ailleurs, les données hydro-métriques disponibles ne vont pas au-delà du début des années 1990. On observe néanmoins une augmentation sensible de l'écoulement qui passe de 5 % à plus de 10 % sur la période.

Une étude plus fine menée en 1998 sur des petits bassins répartis de façon homogène à l'intérieur du bassin du Solomougou n'a pas permis d'évaluer quantitativement et de façon significative l'influence des zones anthropisées par rapport aux zones sauvages en matière d'écoulement, faute notamment de données hydrométriques effectives (KONE, 1998).

Dans un tel cas, il n'existe pas d'alternative à l'utilisation de la méthode Vuillaume-Dubreuil pour l'estimation des coefficients d'écoulement.

Dans le contexte actuel et faute d'études plus poussées, il semble donc prématuré de vouloir mettre en place une relation donnant la valeur de l'écoulement à partir des caractéristiques morphométriques, pluviométriques et d'occupation du sol des bassins. Plusieurs variables complémentaires, aisément accessibles, paraissent requises pour pouvoir progresser dans l'établissement d'une telle relation, en particulier :

- la longueur du rectangle équivalent ;
- l'indice de pente global ;
- une pluie nette annuelle restant à définir, et qui représenterait l'apport pluviométrique net fractionné au cours de l'année après évapotranspiration ;
- un indice Cr qui représenterait la capacité de rétention en eau du bassin par la végétation, calculable simplement à partir des valeurs de l'occupation du sol pour l'année considérée.

Ainsi, si l'on appelle pi le pourcentage en superficie du bassin versant occupé par la classe d'occupation du sol i , et ai un coefficient de pondération représentant la capacité de rétention en eau effective de la classe i , alors :

$$Cr = \sum_i pi * ai$$

Les ai ont été définis pour chaque classe entre 0 et 2 (rétentions nulle et maximale, respectivement ; tabl. IV).

Tabl. IV - Coefficients de capacité de rétention pour chacune des classes d'occupation des sols.

Classe d'occupation des sols	a_i
Habitat	0
Sols nus ou dégradés	0
Cultures	1
Savanes faiblement cultivées	1
Savanes arbustives	1
Savanes arborées	2
Cultures irriguées	2
Forêts	2

Tabl. V - Évolution des coefficients de rétention des bassins versants entre novembre 1986 et avril 1994.

Cr	Lafigué	Solomougou	Yoréloro
Novembre 1986	92,8	119,4	127,6
Avril 1994	78,2	106,6	131,2

Suivant cette définition, le coefficient C_r , compris entre 0 et 200, est utilisable sur des bassins de taille suffisante pour discriminer avec efficacité les différentes classes d'occupation des sols par télédétection (*i. e.* > 25 km²). Les valeurs fortes (> 100) correspondraient alors à des bassins encore sauvages dotés d'une importante couverture végétale, d'une forte capacité de rétention et donc peu propices à l'intensification des écoulements, tandis que les valeurs faibles correspondraient à des bassins anthropisés, voire dégradés, dotés d'une faible capacité de rétention et donc, à l'inverse des précédents, propices à d'importants écoulements.

Dans notre cas, les résultats obtenus par l'utilisation d'un tel indice (tabl. V), compatibles avec les résultats obtenus précédemment, mettent en exergue l'évolution du comportement des bassins du Lafigué et du Solomougou, et l'absence d'évolution perceptible sur le bassin du Yoréloro.

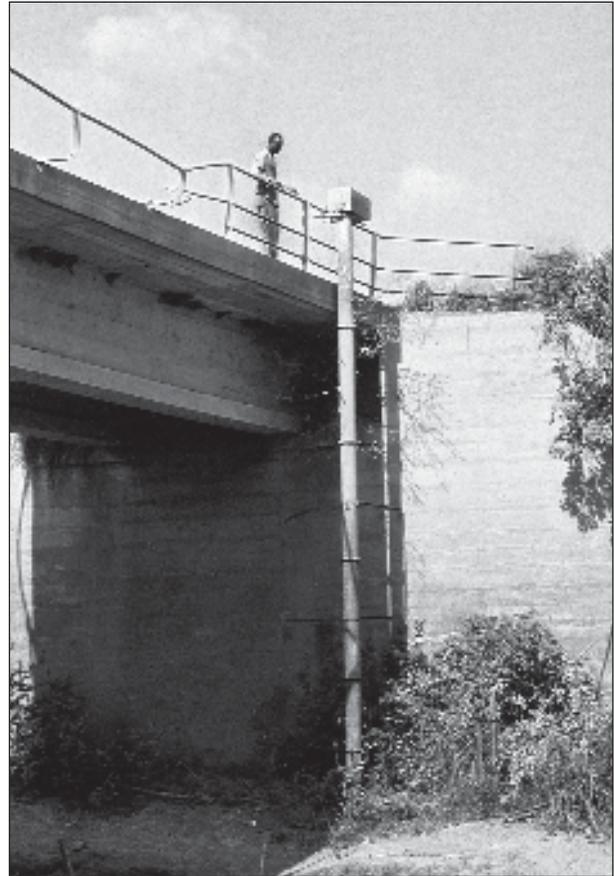
Conclusion

L'édification en grand nombre de barrages de tailles diverses dans le nord de la Côte d'Ivoire s'est imposée à l'État ivoirien en réponse à la péjoration climatique qui a débuté à la fin des années 1960, et qui persiste depuis. À ce déficit pluviométrique, se superposent des dynamiques démographiques actives mais hétérogènes dans l'espace nord-ivoirien. L'extension dans de vastes régions des zones d'habitats et de cultures, au détriment des savanes arborées et des forêts, dans le contexte d'une réelle aridification, se traduit paradoxalement par une augmentation nette des coefficients d'écoulement. Dans ces zones fortement anthropisées, les crues sont ainsi vraisemblablement plus violentes et rapides que par le passé, avec par endroits d'importants risques de dégradation des digues et déversoirs des aménagements, et une intensification des phénomènes érosifs.

L'estimation des coefficients d'écoulements sur les bassins versants de petite taille non jaugés ne peut échapper encore aujourd'hui à l'utilisation des méthodes empiriques, dont pourtant les réserves sont bien connues, en raison en particulier du manque de données locales sur les caractéristiques intrinsèques des bassins, et, trop souvent, de l'absence d'informations pluviométriques pertinentes.

Dans le nord de la Côte d'Ivoire, en année hydrologique normale, la majorité des réservoirs à vocation pastorale est pérenne. Destinées à sécuriser des ressources en eau largement dispersées dans les espaces ruraux, au profit des éleveurs, ces retenues dépendent *pro parte* des

**Pont du Badénou,
sur l'axe Korhogo M'Bengué,
en saison sèche.
Une simple mare très turbide
subsiste encore.
Des crues de plusieurs mètres
de hauteur sont régulièrement
enregistrées sur cet important
affluent du Bandama Blanc.**



écoulements pour leur remplissage mais également de la restitution des nappes pour leur persistance. L'évolution en cours des états de surface, sous l'effet tant de l'aridification que de l'anthropisation des bassins versants, ne sera pas sans influence sur le devenir des précipitations (ruissellement *versus* infiltration ; transports solides) et donc potentiellement sur les conditions de pérennisation des écosystèmes.

Les suivis hydrologiques mis en œuvre sur un petit nombre de réservoirs révèlent des sensibilités assez contrastées aux stimulations pluviométriques : réponses immédiates ou à l'inverse nécessité d'un cumul suffisant pour amorcer leur remplissage en saison des pluies. Dans tous les cas, le remplissage annuel paraît actuellement assuré, selon diverses modalités qui n'interviendront pas sur le volume captif au sein des retenues en fin de saison des pluies, mais dont la temporalité pourra soudainement et violemment perturber l'habitat que ces réservoirs représentent pour les organismes qui s'y développent.

Les petits barrages ont été dimensionnés pour ne retenir qu'une fraction des écoulements transitant par les marigots sur lesquels ils ont été édifiés, l'essentiel des apports étant restitué au réseau hydrographique grâce aux déversoirs qui les équipent. L'étude des caractéristiques géométriques des réservoirs met en exergue leur réelle homogénéité morphologique, qui distingue les réservoirs ivoiriens de leurs homologues implantés dans d'autres régions du monde. En revanche, la relation liant surface et volume est très proche de celle obtenue pour les réservoirs du nord du Ghana. La validation de cette loi, pleinement réalisée au Ghana, ouvre ainsi une perspective synoptique pour l'évaluation quantitative des ressources en eau par télédétection.

Enfin, pérennité des réserves en eau et reproductibilité interannuelle des phénomènes hydrologiques, certes marquée par une relative variabilité dans la succession des épisodes (fréquence et intensité des crues, notamment), contribuent à définir la capacité de résilience des écosystèmes. Pour les peuplements planctoniques qui colonisent ces plans d'eau, par exemple, l'importance des volumes mis en jeu annuellement – qui peut se concrétiser par le renouvellement intégral des masses d'eau – va se traduire par la réinitialisation de l'ensemble des processus qui en conditionnent l'organisation et la structuration. Inversement, pour d'autres compartiments biologiques (macrophytes, poissons, mollusques), les crues permettront de rouvrir momentanément le continuum hydrographique, de rétablir des connexions entre des écosystèmes durablement isolés pendant toute la saison sèche, et donc de favoriser d'éventuels échanges.

R é f é r e n c e s

ALBERGEL J., LAMACHÈRE J.-M., LIDON B., MOKADEM A., VAN DRIEL W., 1993 – *Mise en valeur agricole des bas-fonds au Sahel. Typologie, fonctionnement hydrologique, potentialités agricoles*. Rapport final d'un projet Coraf/R3S, CIEH, Ouagadougou, Burkina Faso/Cirad, Montpellier, 335 p.

CAMUS H., CHAPERON P., GIRARD G., MOLINIER M., 1976 – *Analyse et modélisation de l'écoulement superficiel d'un bassin tropical : influence de la mise en culture*. Côte d'Ivoire, Korhogo, 1962-1972. Paris, Orstom-IRD, Coll. Travaux et Documents, n° 52, 162 p.

CORBIN D., ÉTIENNE J., 1998 – *Cartographie de 8 retenues de Côte d'Ivoire étudiées dans le cadre du programme Petits Barrages*. IRD, Bouaké, Côte d'Ivoire, Rapport multigr., 89 p.

D'AT DE ST FOULC, GILARD O., PIATON H., 1985 – *Petits barrages en terre au Burkina Faso. Bilan et analyse critique*. CIEH, Ouagadougou, Burkina Faso, 180 p. + bibliographie et annexes.

DUBREUIL P., VUILLAUME, G., 1975 – *Influence du milieu physico-climatique sur l'écoulement des petits bassins intertropicaux*. *IAHS Publication*, 117 : 205-215.

FAO, 1996 – *Crues et apports. Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels*

pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage, n° 54, 244 p.

HUBERT P., CARBONNEL J.-P., CHAOUCHE A., 1989 – *Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest*. *J. Hydrol.*, 10 : 349-367.

HUBERT P., SERVAT E., PATUREL J.-E., KOUAME B., BENDJOUDI H., CARBONNEL J.-P., LUBES-NIEL H., 1998 – « La procédure de segmentation, 10 ans après ». In SERVAT E., HUGUES D., FRITSCH J.-M., HULME M. (eds.) : *Water resources variability in Africa during the XXth century*. IAHS Publication, 252 : 267-273.

HYPERBAV, 1990 – *Structure et fonctionnement hydro-pédologique d'un petit bassin versant de savane humide*. Paris, Orstom, Coll. Études et Thèses, 307 p.

JOIGNEREZ A., GUIGEN N., 1991 – *Évaluation des ressources en eau non pérennes au Mali* (Tome 1). Projet DNHE-Orstom-Pnud, Orstom, Bamako, Mali, Rapport de campagne 1991, 87 p.

KONE S., 1998 – *Caractérisation à diverses échelles du comportement hydrologique des petits bassins versants du Nord de la Côte d'Ivoire*. Yamoussoukro, Institut national Polytechnique, mémoire d'élève-ingénieur, 49 p. + annexes.

LIEBE J., 2002 – *Estimation of water storage capacity and evaporation losses of small reservoirs in the Upper East region of Ghana*. Université de Bonn, RFA, Département de Géographie, Diploma Thesis, 106 p.

MAHÉ G., L'HÔTE Y., OLIVRY J.-C., WOTLING G., 2001 – *Trends and discontinuities in regional rainfall of West and Central Africa, 1951-1989*. *Hydrological Sciences Journal*, 46 (2) : 211-226.

MAHÉ G., LEDUC C., AMANI A., PATUREL J.-E., GIRARD S., SERVAT E., DEZETTER A., 2003 – « Augmentation récente du ruissellement de surface en région soudano-sahélienne et impact sur les ressources en eau ». In SERVAT E., NAJEM W., LEDUC C., AHMED S. (eds.) : *Hydrology of the Mediterranean and Semi-arid Regions*. IAHS Publication, 278 : 215-222.

MAHÉ G., PATUREL J.-E., SERVAT É., CONWAY D., DEZETTER A., 2005 – *Impact of land use change on soil water holding capacity and river flow modelling in the Nakambe River, Burkina Faso*. *Journal of Hydrology*, 300 : 33-43.

MOLLE F., 1991 – *Caractéristiques et potentialités des Açudes du Nord-este brésilien*. Thèse de doctorat, univ. Montpellier-II, 380 p.

NOUVELOT J.-F., 1993 – *Guide des pratiques hydrologiques sur les petits bassins versants ruraux en Afrique tropicale et équatoriale*. Montpellier, CIEH/Orstom, 545 p.

Fig. 1 - Composition colorée des canaux 3, 5 et 7 des scènes Landsat datée du 16/11/86 et localisation des petits barrages.

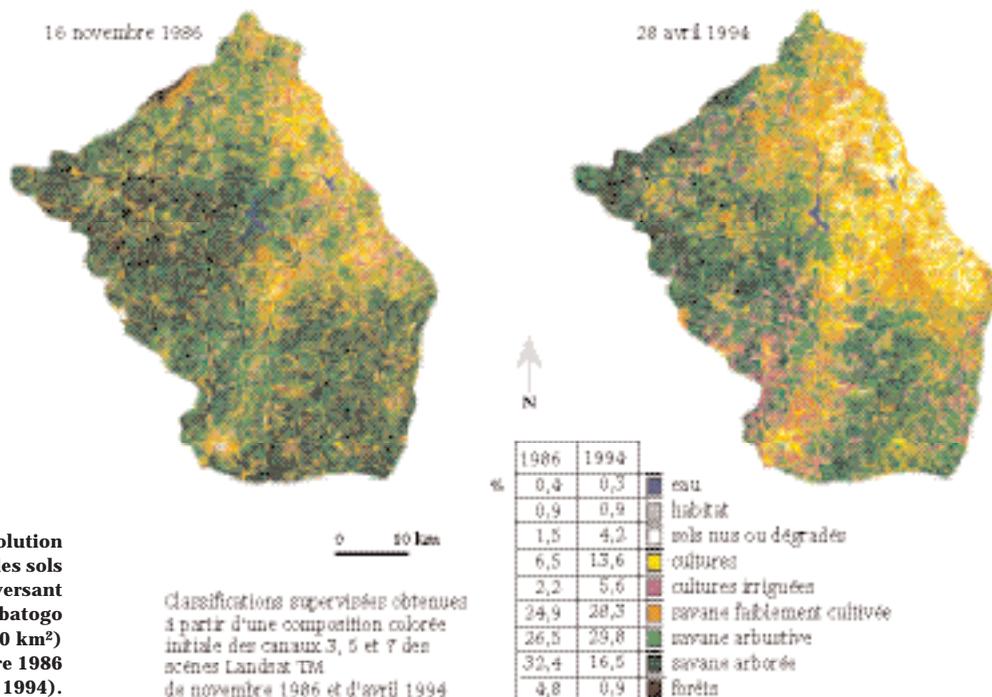
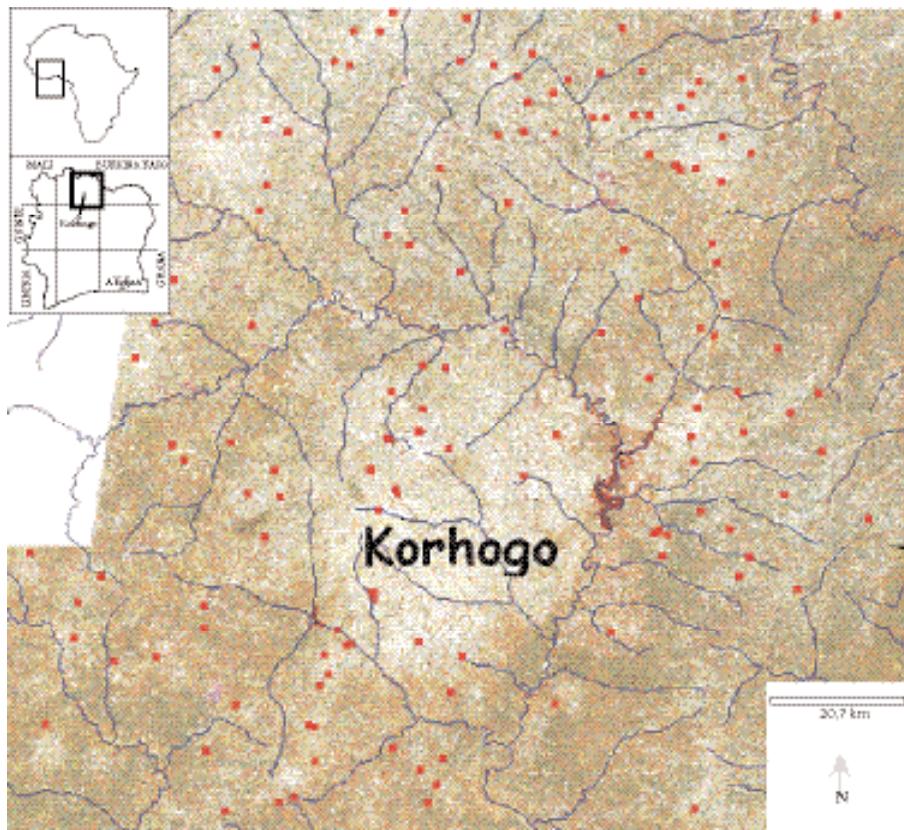


Fig. 2 - Évolution de l'occupation des sols sur le bassin versant du Solomougou à Ziébatogo (1 510 km²) entre novembre 1986 et avril 1994).

Classifications supervisées obtenues à partir d'une composition colorée initiale des canaux 3, 5 et 7 des scènes Landsat TM de novembre 1986 et d'avril 1994

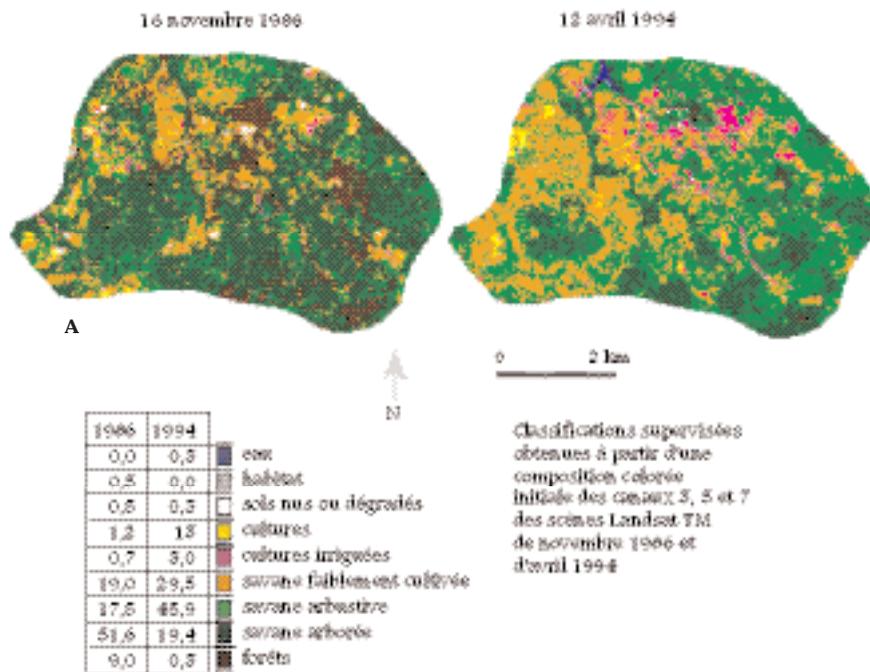


Fig. 3 - Exemples d'évolution de l'occupation des sols sur les bassins versants de deux petits barrages entre 1986 et 1994.

A : Dalengbo situé en zone rurale (24,7 km²) ;
B : Sinématiali, en situation péri-urbaine (8,8 km²).

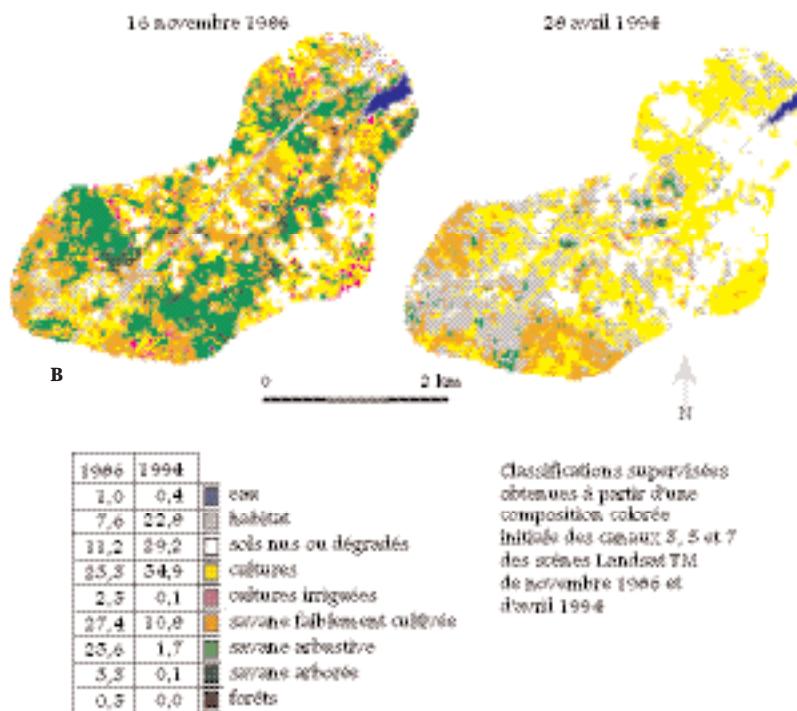


Fig. 4 a - Évolution de l'occupation de l'espace et des coefficients d'écoulement (histogrammes) entre novembre 1986 et avril 1994 sur le bassin versant du Lafigué.

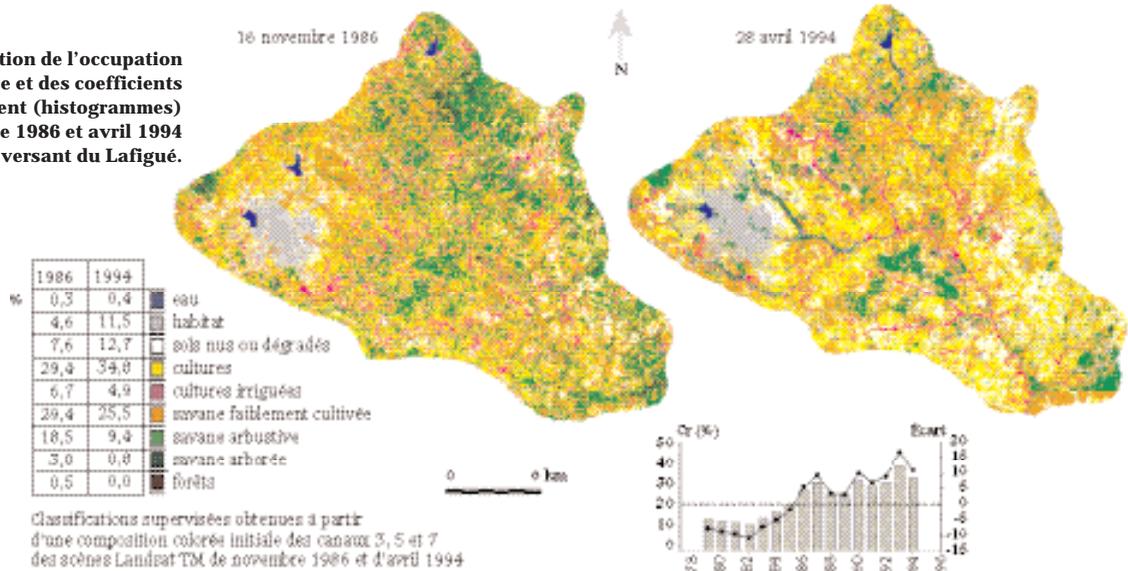


Fig. 4 b - Évolution de l'occupation de l'espace et des coefficients d'écoulement (histogrammes) entre novembre 1986 et avril 1994 sur le bassin versant du Yoréloro.

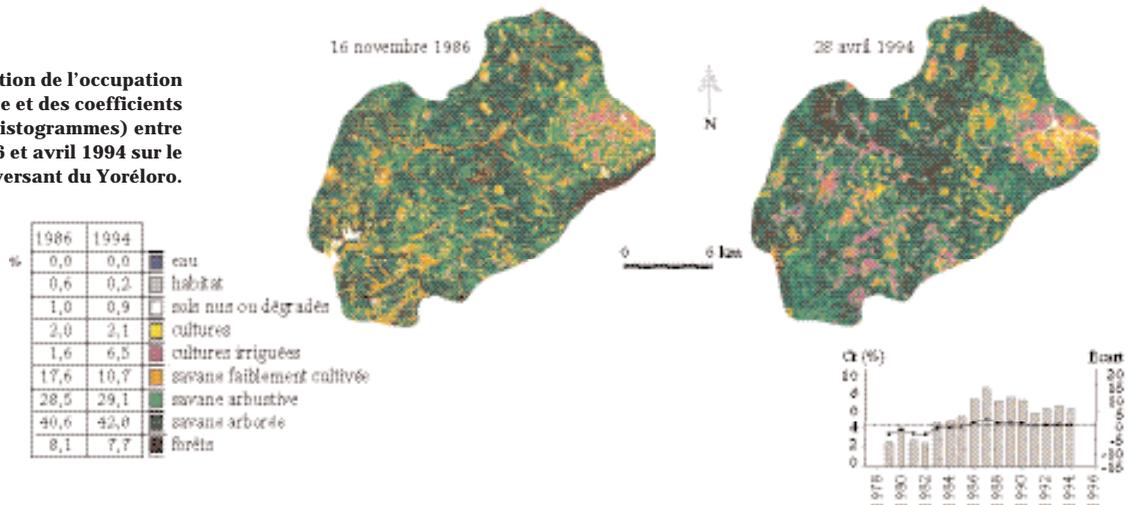
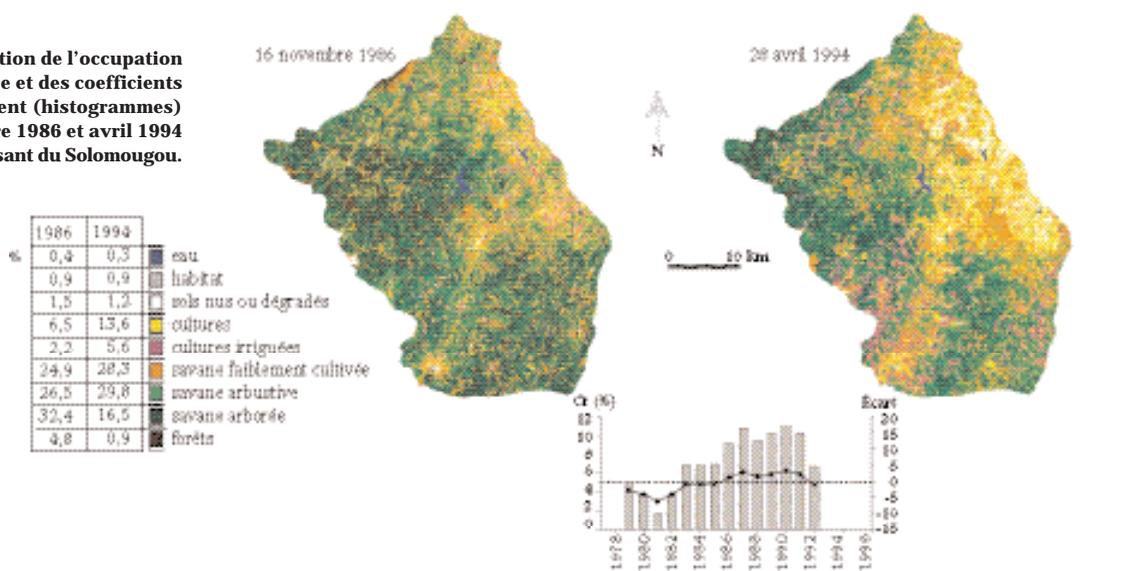


Fig. 4 c - Évolution de l'occupation de l'espace et des coefficients d'écoulement (histogrammes) entre novembre 1986 et avril 1994 sur le bassin versant du Solomougou.



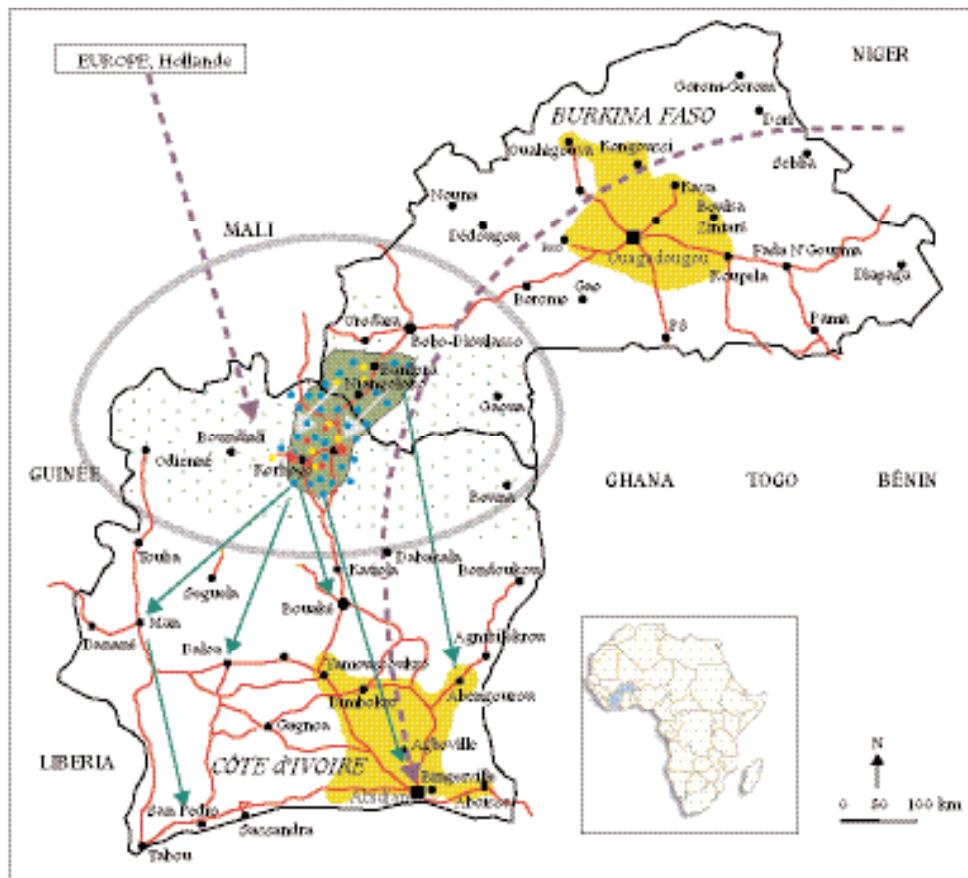


FIG. 5 - Géographie des petits barrages et spécialisation maraîchère dans le nord de la Côte d'Ivoire.

I. Un maraîchage marchand à « contre-modèle »

I.1. Les paradoxes du maraîchage marchand des savanes sénoufo ivoirienne et burkinabé

- L'essor de cultures légumières marchandes :
- malgré l'éloignement des grands marchés urbains métropoles nationales
 - malgré des productions concurrentes ceintures maraîchères des métropoles
- flux légumiers intensifs pour l'approvisionnement d'Abidjan

PETITE ÉCHELLE

I.2. Spécialisation maraîchère régionale favorisée par...

- des déterminants :
 - le milieu sénoufo
 - la zone cotonnière
- facteurs de développement...
 - du maraîchage de saison sèche

ÉCHELLE RÉGIONALE

I.3. Production locale, dispersée et individuelle qui s'appuie sur :

- les petits barrages hydrauliques multifonctionnels (élevage, pêche, maraîchage, usages domestiques, etc.)

GRANDE ÉCHELLE

II. Maraîchage et reconfigurations spatiales

II.1. De nouveaux liens entre les savanes sénoufo et la métropole abidjanaise

- des échanges accrus
- circuits commerciaux des cultures maraîchères
- des échanges facilités par les routes goudronnées méridiennes

II.2. Restructurations spatiales

- Echanges commerciaux qui accentuent...
- la polarisation des :
 - petites et moyennes villes
 - petits et gros marchés régionaux
 - l'absence d'effacement des échanges transfrontaliers

II.3. Des terroirs aux territoires locaux

- appropriation maraîchère des petits barrages par les communautés rurales sénoufo autochtones

Facteurs limitant la productivité phytoplanktonique dans 49 petits barrages

Robert Arfi

Marc Bouvy

Philippe Cecchi

Marc Pagano

Lucien Saint-Jean

Serge Thomas

Le nord de la Côte d'Ivoire est caractérisé par un climat relativement humide (1 200 mm par an), mais avec des périodes très sèches qui alternent avec des périodes de fortes précipitations. Le contrôle de l'eau à des fins d'intensification des activités agricoles et pastorales y est apparu comme une nécessité. Plusieurs centaines de petites retenues d'eau (surface < 1 km²) souvent formées à partir d'une digue barrant un bas-fond ont ainsi été créées au cours des dernières décennies autour de Korhogo. Au cours d'un cycle annuel, les conditions hydrologiques évoluent de la dilution (entrée d'eau lors des crues de saison des pluies) à la concentration (évaporation en saison sèche). De nombreux facteurs locaux (géographiques, hydrologiques, mais aussi anthropiques) concourent cependant à induire une importante hétérogénéité spatiale des conditions écologiques rencontrées dans ces milieux.

Le présent chapitre vise à préciser les caractéristiques limnologiques rencontrées en fin de saison sèche dans 49 de ces retenues (fig. 1 + annexe). En parallèle aux mesures *in situ*, des essais de stimulation nutritive ont été réalisés afin de définir les facteurs qui contrôlent la productivité algale et d'ébaucher une typologie de ces écosystèmes.

Introduction

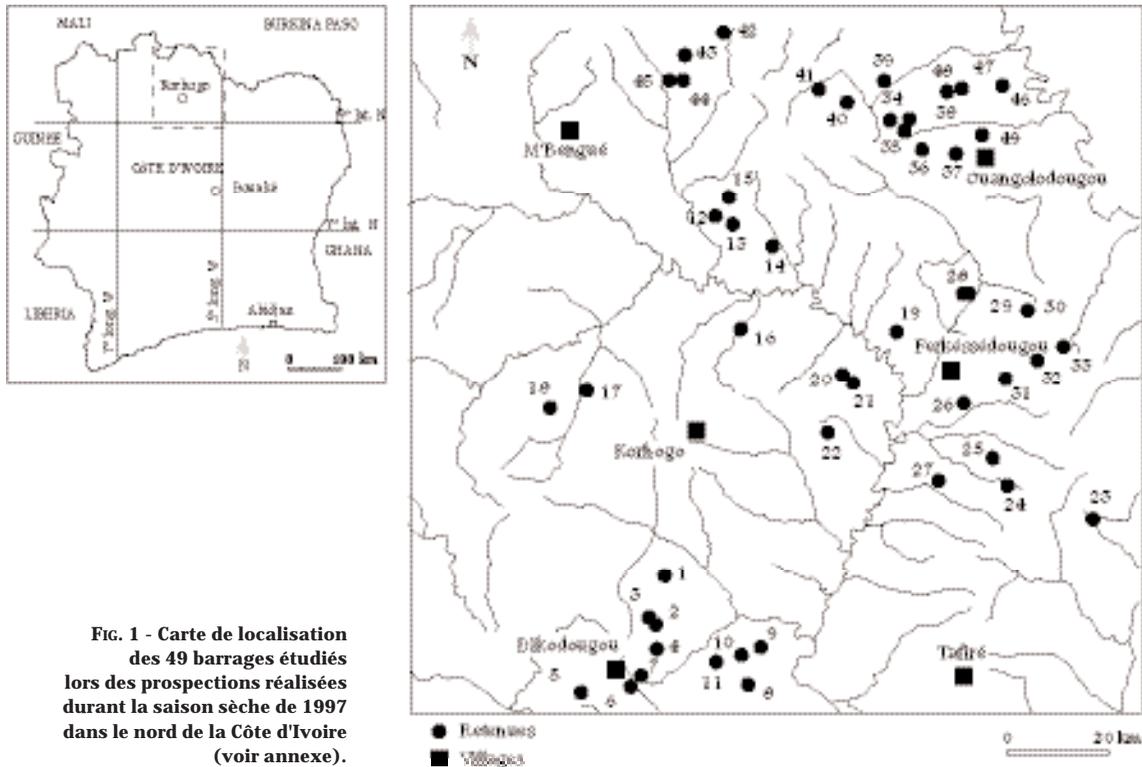


Fig. 1 - Carte de localisation des 49 barrages étudiés lors des prospections réalisées durant la saison sèche de 1997 dans le nord de la Côte d'Ivoire (voir annexe).

Matériel et méthodes

Quarante-neuf retenues situées dans le nord de la Côte d'Ivoire ont été visitées à la faveur d'un passage unique en cœur de saison sèche (avril 1997). La prospection a duré une quinzaine de jours, durant lesquels, chaque matin, de trois à cinq retenues ont été échantillonnées. Les collectes ont été conservées au frais et à l'obscurité quelques heures au maximum avant leur analyse.

Les prélèvements ont été réalisés dans la partie la plus profonde des réservoirs, à proximité de la digue. Chaque station comportait des profils verticaux (lumière, température et oxygène), une mesure de transparence, deux prélèvements d'eau à 50 cm sous la surface et à 50 cm au-dessus du fond, et une incubation *in situ* simulée en vue d'estimer la production phytoplanctonique. Sur ces prélèvements, des mesures chimiques (conductivité, pH, éléments nutritifs) de matières en suspension et de chlorophylle ont été réalisées selon les méthodes standard (STRICKLAND et PARSONS, 1968).

Des expériences d'enrichissement ont été conduites en laboratoire. Pour chaque lac, l'échantillon collecté a été fractionné en 4 aliquotes dans des flacons de 300 ml : l'un servait de témoin, les 3 autres étaient enrichis avec respectivement 3 μM de P- PO_4 , 10 μM de N- NO_3 et (3 μM de P- PO_4 + 10 μM de N- NO_3). Les flacons ont été placés en lumière atténuée sur un agitateur à mouvement orbital lent. Les fluorescences *in vivo* ont été mesurées au moyen d'un fluorimètre Turner Designs pour chaque flacon à t_0 , t_{24} et t_{48} . Une augmentation de fluorescence supérieure à 30 %, 48 heures après l'enrichissement, est considérée comme une réponse positive à la stimulation nutritive.

Sur deux tableaux de données hydrologiques (profondeur, transparence, température et concentration d'oxygène en surface, écarts verticaux de température et d'oxygène dissous) et particulières (poids et volumes, biomasses chlorophylliennes par classe de taille), une partition des sites a été faite à partir d'une analyse en composantes principales et d'une classification ascendante hiérarchique des réservoirs caractérisés par leurs premières coordonnées factorielles.

La superficie des lacs est comprise entre 0,2 et 15 ha, et la surface des bassins versants est comprise entre 1 et 30 km². Pour la plupart, ils présentaient un niveau relativement bas (profondeur maximale 2,8 m) caractéristique de fin de la saison sèche (tabl. I).

Turbidité : les eaux sont turbides ; la plupart des valeurs de disparition du disque de Secchi sont comprises entre 0,1 et 0,4 m. Les épaisseurs euphotiques (comprises entre la surface et la profondeur à laquelle ne se retrouve plus que 1 % de la lumière incidente) sont faibles : si 4 lacs ont leur colonne d'eau totalement éclairée, la couche euphotique représente en moyenne 47 % de la hauteur d'eau.

Stratification : toutes les situations de structuration verticale sont observées, depuis les 24 sites homothermes jusqu'aux sites à la stratification thermique marquée. Cette organisation se retrouve pour l'oxygène : si 11 lacs présentent un hypolimnion (zone profonde à tendance anoxique), 24 sites ont une différence de concentration entre la surface et le fond inférieure à 1 mg l⁻¹. Lorsqu'un hypolimnion est présent, le gradient d'oxygène est fort. Dans de nombreux cas, la limite entre l'épi- et l'hypolimnion correspond au bas de la couche euphotique. Mais parfois, le métalimnion est éclairé, comme peut l'être le haut de l'hypolimnion.

Résultats

	Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-type
Profondeur (Zmax, m)	1,6	0,5	2,8	0,6
Z _{Secchi} (m)	0,32	0,01	1,65	0,33
Pourcentage de la colonne d'eau éclairée (%)	52	6	100	24
Conductivité ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	100	40	230	48
Nitrites (μM)	0,19	0,00	2,15	0,42
Nitrates (μM)	1,38	0,00	18,14	4,06
Ammoniaque (μM)	8,11	2,25	48,55	10,77
Phosphates (μM)	0,94	0,02	7,90	1,57
Poids sestonique en surface (mg l^{-1})	104,7	4,0	1 566,0	316,2
Biomasse chlorophyllienne ($\mu\text{g l}^{-1}$)	159,6	6,5	1 790	350,5
% d'algues de taille comprise entre 0,7 et 3 μm	18	1	84	17
% d'algues de taille > 10 μm	46	4	92	22
Production primaire ($\text{mg C m}^{-2} \text{j}^{-1}$)	1 468	42	7 678	1 474
% de production des algues de taille 0,7 - 3 μm	14	2	71	12
% de production des algues de taille > 10 μm	49	10	84	18
Rendement photosynthétique (%)	0,40	0,01	1,57	0,43

Tabl. I - Caractéristiques limnologiques des 49 lacs étudiés.

Hydrochimie : les lacs présentent des conductivités comprises pour la plupart entre 50 et 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Les pH sont plutôt acides, avec un minimum de 5,13 et un maximum de 7,27. Si la gamme des concentrations en nitrites, nitrates et orthophosphates de la couche de surface est large, cela tient aux teneurs particulièrement élevées notées dans 4 lacs. Si on élimine ces valeurs, ces paramètres présentent une moindre variabilité. En profondeur, on a le même schéma et des concentrations souvent peu différentes de celles de la surface. Exception faite de l'ammoniaque en quelques sites, il n'y a pas d'accumulation en éléments nutritifs dans la couche profonde, et la présence d'une oxycline n'implique pas obligatoirement de fortes teneurs en N-NH₄ ou P-PO₄.

Particules : les lacs présentent de fortes charges en matières en suspension, avec souvent accumulation de particules près du fond. Si l'on excepte le site de Korokara Palmier (1 790 $\mu\text{g l}^{-1}$), la biomasse chlorophyllienne présente dans la couche superficielle des lacs varie de 6 à 432 $\mu\text{g l}^{-1}$. La valeur moyenne ($\approx 160 \mu\text{g l}^{-1}$) reflète la richesse phytoplanctonique de ces milieux, même si 5 lacs ont des concentrations inférieures à 25 $\mu\text{g l}^{-1}$.

Les algues assimilées au picophytoplancton ($< 3 \mu\text{m}$) représentent moins de 30 % de cette biomasse pour 44 des lacs étudiés, et moins de 10 % pour 16 d'entre eux. Les algues de taille $> 10 \mu\text{m}$ ont une distribution plus homogène, avec un mode à 50 % de la biomasse.

Production primaire : la variabilité est forte, avec des sites où les valeurs n'excèdent pas $0,1 \text{ g C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ et d'autres présentant des valeurs supérieures à $4 \text{ g C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$. Toutefois, 26 lacs ont une production inférieure à $1 \text{ g C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$. Les algues picoplanctoniques (de taille $< 3 \mu\text{m}$) représentent

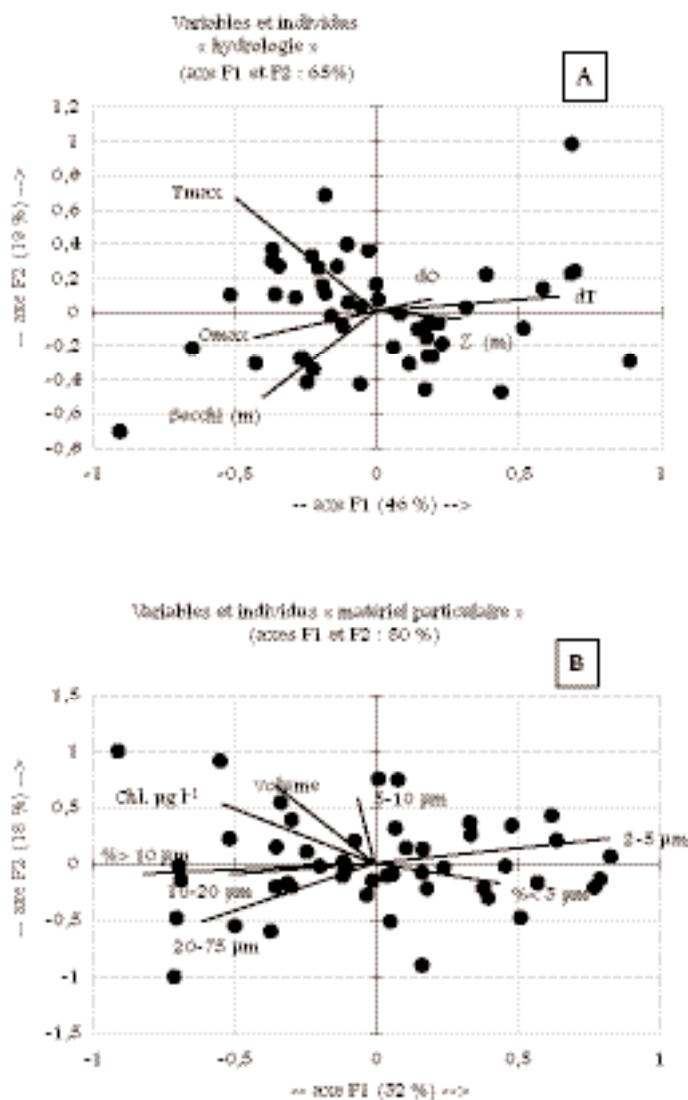


FIG. 2 - Premiers plans factoriels des analyses de correspondance des tableaux « hydrologie » et « matériel particulaire ». (Le réservoir n° 23, Korokara Palmier, a été écarté des analyses en raison de ses caractéristiques particulières : profondeur la plus faible, éclaircissement non mesurable, biomasse la plus élevée rencontrée pendant la campagne, $\approx 1,8 \text{ mg l}^{-1}$, etc.).

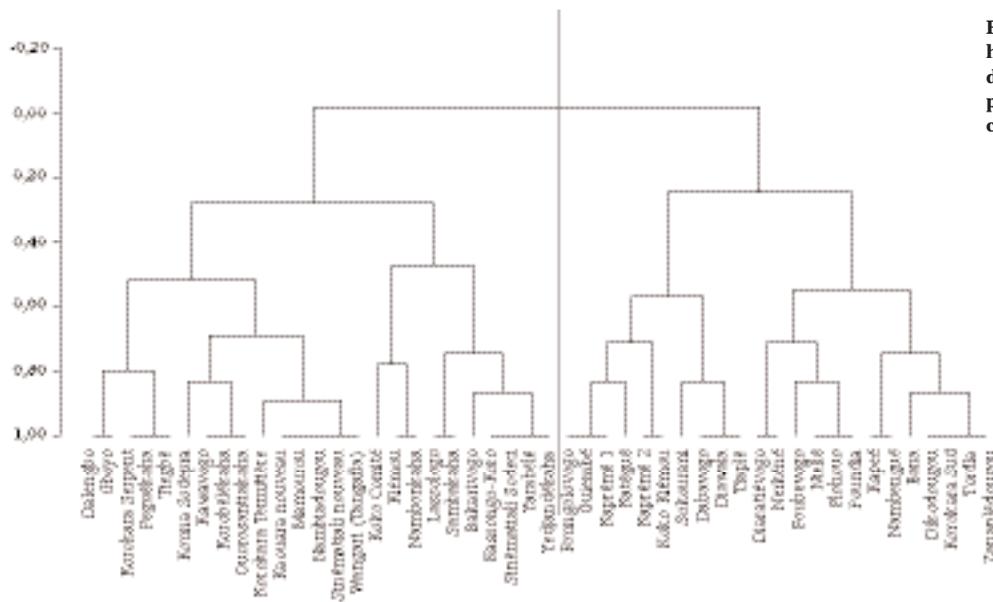


Fig. 3 - Classification hiérarchique ascendante des réservoirs caractérisés par leurs premières coordonnées factorielles.

moins de 20 % de cette activité. Pour les algues de taille supérieure à 10 μm , ce pourcentage est bien plus élevé (moyenne de 49 %). Les rendements photosynthétiques sont pour la plupart des sites inférieurs à 0,5 %.

Réponse à la stimulation nutritive : sur les 49 sites, 26 ont répondu positivement à l'enrichissement. Dix-huit ont été stimulés par l'ajout de nitrates (réponse N et N + P), 3 par l'ajout de phosphates (réponse P et N + P) et 5 par l'ajout simultané de nitrates et de phosphates (réponse N, P et N + P).

Le traitement des données hydrologiques met en évidence l'importance de la profondeur et de la turbidité mais aussi du gradient de stratification verticale dans la définition du 1^{er} plan factoriel, où s'opposent les lacs profonds, stratifiés et peu turbides et les lacs peu profonds, non stratifiés et turbides (fig. 2 A). Ces systèmes paraissent aussi les plus productifs (fortes concentrations en oxygène dissous).

L'analyse du tableau des données particulières montre le rôle fondamental de la qualité du matériel particulaire, puisque les regroupements se font sur la base de la taille des particules (fig. 2 B). La classification ascendante hiérarchique des réservoirs oppose finalement (fig. 3, de gauche à droite) un groupe de 25 lacs caractérisé par l'importance des petites particules (taille < 5 μm) et du picophytoplancton (< 3 μm), à un ensemble de 23 lacs dominé par les particules et les algues de grande taille.

Discussion

Les sites étudiés présentent une large gamme de concentrations en éléments nutritifs. Si l'on élimine les lacs présentant des teneurs en N-NO₃ et P-PO₄ supérieures à 4 µM (4 et 3 sites, respectivement), on obtient des moyennes de 0,26 µM pour N-NO₃ et 0,59 µM pour P-PO₄. Ces concentrations sont faibles pour des milieux soumis *a priori* à une forte fréquentation pastorale (usage initial des réservoirs).

L'essentiel de l'azote inorganique dissous se trouve sous forme d'ammoniac, mais dans ce cas également, si l'on élimine les 6 lacs qui présentent des concentrations supérieures à 20 µM, on obtient une moyenne de 4,49 µM. Comme dans d'autres sites tropicaux, l'azote pourrait limiter la productivité algale des lacs turbides de la région de Korhogo. Les biomasses phytoplanctoniques étant élevées, on peut considérer que la pauvreté nutritive observée provient de la consommation algale.

Dans de tels systèmes à la saisonnalité très marquée, seuls des événements épisodiques (orages, coups de vent, tornades) peuvent enrichir temporairement les sites en saison sèche. Par certains aspects, les lacs les plus productifs de la région de Korhogo se rapprochent de bassins de lagunage (dimensions réduites, faible profondeur, très forte turbidité essentiellement liée aux cellules phytoplanctoniques). Des blooms avec accumulation de tapis algaux (efflorescences) ont fréquemment été observés en surface près des digues. L'enrichissement de ces milieux par

Développement d'une efflorescence à cyanobactéries : les organismes se concentrent en surface puis s'accumulent en rubans plus ou moins épais et durables le long des berges. Ici, à Nambengué, l'intense fréquentation du plan d'eau par le bétail est indubitablement un facteur d'enrichissement du milieu qui explique sa tendance prononcée à l'eutrophisation et au développement récurrent de tels blooms.



les matières organiques issues des troupeaux (déjections) est très probable et sera d'autant plus important que l'usage pastoral des sites est intense. Il y a là un risque d'eutrophisation, en particulier en saison sèche.

La profondeur des sites, leur stratification et l'éclairement de la colonne d'eau sont les principales variables environnementales discriminantes. La biomasse phytoplanctonique est associée à deux types de communautés bien différenciées sur la base de la taille des organismes qui les composent. En combinant les résultats des analyses statistiques réalisées sur les tableaux « hydrologie » et « matériel particulaire », 5 groupes de lacs (tabl. II et III) peuvent être définis :

Groupe 1 (n = 3). Des lacs profonds, stratifiés et turbides, aux fortes concentrations en éléments nutritifs, mais aux faibles biomasses phytoplanctoniques et peu productifs.

Aucun de ces 3 lacs n'a répondu à l'enrichissement.

Groupe 2 (n = 6). Des sites profonds et stratifiés, moins turbides, aux faibles concentrations en éléments nutritifs et peu productifs. La relative transparence des eaux (66 % de la colonne d'eau éclairée) doit favoriser l'activité phytoplanctonique, au moins au début du cycle. Mais une fois la réserve nutritive de l'épilimnion consommée, la stratification ne permet pas de réapprovisionner la couche euphotique. Il y a un contrôle nutritif largement basé sur l'absence d'échanges entre les couches superficielles et profondes (sauf événement épisodique type orage ou tornade, susceptible d'homogénéiser la colonne d'eau et d'autoriser sa réalimentation en nutriments à partir de l'interface eau-sédiment).

Cinq des 6 lacs ont répondu à l'enrichissement, le sixième présentant une réponse positive mais inférieure à 30 %.

Groupe 3 (n = 7). D'autres lacs profonds et stratifiés et aux fortes biomasses algales, plutôt productifs. Les éléments nutritifs azotés sont épuisés, mais pas les phosphates : des eaux moins turbides et des concentrations encore élevées en P-PO₄ semblent permettre le maintien d'une forte biomasse et d'une production relativement élevée.

Six lacs sur 7 ont répondu à la stimulation nutritive.

Groupe 4 (n = 16). Le quatrième ensemble regroupe des sites peu profonds, turbides et relativement productifs. La faible profondeur et l'absence de stratification autorisent les échanges entre les couches euphotiques et aphotiques, mais la pauvreté de cette dernière en éléments nutritifs réduit les possibilités de réapprovisionnement en nutriments.

Il y aurait un contrôle nutritif permanent de ces sites, 11 des 16 lacs du groupe ayant répondu à l'enrichissement.

Groupe 5 (n = 17). Le dernier groupe est composé de lacs peu profonds, turbides, mais productifs. Ils ne sont pas épuisés en éléments nutritifs, même si les concentrations ne sont pas très élevées. En revanche, les teneurs moyennes en N-NH₄ y sont fortes. En dépit de la forte turbidité, ces concentrations élevées peuvent expliquer la bonne productivité de ces lacs et l'importance de la biomasse qui s'y accumule.

Dans ce groupe, 4 sites sur 17 ont répondu à l'enrichissement nutritif.

Tabl. II - Moyennes et écarts-types (entre parenthèses) des paramètres limnologiques pour les différents groupes de lacs.

Korokara Palmier n'est pas pris en compte dans le groupe 5.

Groupe	1	2	2	4	5
Profondeur (m)	2,5 (0,3)	2,4 (0,4)	2,2 (0,4)	1,4 (0,4)	1,3 (0,4)
Z _{Secchi} (m)	0,2 (0,0)	0,7 (0,5)	0,4 (0,2)	0,3 (0,2)	0,2 (0,1)
N-NO ₃ (µM) surface	10,5 (9,1)	0,1 (0,2)	0,1 (0,1)	0,2 (0,2)	0,8 (1,7)
N-NH ₄ (µM) surface	3,3 (0,2)	3,3 (0,4)	3,9 (1,1)	4,1 (3,5)	14,2 (14,7)
P-PO ₄ (µM) surface	6,4 (1,4)	0,2 (0,1)	1,2 (0,9)	0,2 (0,1)	0,8 (0,6)
N-NO ₃ (µM) fond	1,6 (2,2)	0,1 (0,1)	0,8 (1,8)	0,6 (1,6)	1,2 (2,6)
N-NH ₄ (µM) fond	4,0 (0,8)	6,1 (5,7)	11,0 (12,2)	5,5 (4,2)	12,8 (14,5)
P-PO ₄ (µM) fond	8,9 (2,7)	0,7 (0,5)	0,5 (0,3)	0,9 (1,0)	0,2 (0,2)
Chlorophylle (µg l ⁻¹)	40 (17)	60 (42)	104 (42)	128 (116)	174 (106)
Production (g C m ⁻² j ⁻¹)	1,2 (0,8)	0,7 (0,4)	1,3 (0,7)	1,3 (1,1)	2,3 (2,1)

	Lacs profonds			Lacs peu profonds	
	Riches et turbides	Épuisés et pauvres	Un élément limitant (N)	Un élément limitant (P)	Riches et turbides
Z _{Secchi} (m)	0,2	0,7	0,4	0,3	0,2
N dissous (µM)	14,5	3,5	4,2	6,6	16,2
P-PO ₄ (µM)	6,4	0,2	1,2	0,2	0,8
Production (mg C m ⁻² j ⁻¹)	1200	700	1300	1300	2000
Limitation par les sels nutritifs	Non	Oui (N & P)	Oui (N)	Oui (P)	Non
Turbidité	Très forte	Forte	Très forte	Très forte	Très forte
Production	Moyenne	Faible	Moyenne	Moyenne	Forte
Réponse à l'enrichissement	0 sur 3	5 sur 6	6 sur 7	11 sur 16	4 sur 17

Tabl. III - Caractéristiques des groupes de lacs issus de la classification.

Les possibilités d'enrichissement en éléments nutritifs vont donc conditionner la productivité de ces retenues. Les milieux considérés comme eutrophes peuvent souvent se transformer en systèmes limités par les nutriments, en particulier en période chaude en zone tempérée (FORSBERG et HEYMAN, 1984).

L'élément limitant est souvent le phosphate (KALFF et KNOECHEL, 1978 ; KALFF, 1983), mais nos résultats montrent que dans la plupart des lacs limités en sels nutritifs de la région de Korhogo, le facteur de régulation est l'azote, et plus particulièrement les nitrates.

Des événements hydrodynamiques ponctuels aboutissant au mélange vertical permettent l'installation de courtes séquences riches en nutriments (BOSTRÖM *et al.*, 1982 ; SOMMER, 1989). Les sites profonds susceptibles d'être enrichis par de tels apports depuis l'interface eau-sédiment (faible gradient de densité, faible profondeur, morphologie du lac et situation géographique favorable à l'action des vents) réagiront donc rapidement à ces événements, même s'ils sont de courte durée et si l'importante biomasse algale en présence consomme rapidement ces apports.

Les lacs des groupes 2 et 3 peuvent correspondre à ces critères, 11 des 13 lacs ayant répondu à l'enrichissement et en particulier aux apports en nitrates. Les lacs peu profonds (groupe 4), épuisés en éléments nutritifs, réagissent également aux apports extérieurs.

En revanche, ceux qui disposent encore de réserves nutritives (groupe 5) sont productifs, et la limitation semble alors provenir de la lumière. *In fine*, c'est la composition de la communauté algale au moment de l'événement enrichissant épisodique qui va conditionner sa réponse à la stimulation nutritive, les espèces ayant différents mécanismes de réponse (SOMMER, 1985 ; SUTTLE *et al.*, 1987 ; SPIJKERMAN et COESAL, 1998). La fréquence et l'intensité de ces perturbations pourront en retour apparaître comme des forces sélectives puissantes susceptibles de contrôler la composition des communautés phytoplanctoniques (HARRIS, 1986).

Conclusion

Les 49 lacs étudiés sont dans leur majorité eutrophes ou hyper-eutrophes, probablement en raison du fort enrichissement nutritif du début de cycle (crue annuelle), auquel s'ajoutent les réserves organiques des sites non déforestés et les apports épisodiques (orages, déstratification). Une fois ces stocks épuisés, et en l'absence de réalimentation par les couches

profondes, les éléments nutritifs deviennent limitants. Les systèmes qui conservent des réserves sont, eux, limités par la lumière. La profondeur contrôle en partie la productivité. Les lacs peu profonds sont ceux qui présentent la plus forte activité phytoplanctonique. L'hydrodynamique des masses d'eau joue par ailleurs un rôle fondamental (ARFI *et al.*, 2001). Dans les lacs profonds et durablement stratifiés, l'enrichissement en nutriments ne se produit qu'à la faveur d'événements climatiques intenses mais épisodiques. À l'inverse, dans les lacs petits et non stratifiés, qui présentent une zone riche en sels nutritifs à proximité du sédiment, la régularité des mélanges verticaux permet le soutien d'une importante productivité.

R é f é r e n c e s

ARFI R., BOUVY M., CECCHI P., PAGANO M., THOMAS S., 2001 – Factors limiting phytoplankton productivity in 49 shallow reservoirs of North Côte d'Ivoire (West Africa). *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 4 (2) : 123-138.

BOSTRÖM B., JANSSON M., FORSBERG C., 1982 – Phosphorus release from lake sediments. *Arch. Hydrobiol.*, 18 : 5-59.

FORSBERG C., HEYMAN U., 1984 – Variation of water quality parameters in meso- to hypertrophic lakes. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 22 : 730-733.

HARRIS G. P., 1986 – *Phytoplankton Ecology. Structure, function and fluctuation*. London, NY, Chapman and Hall, 384 p.

KALFF J., KNOEHEL R., 1978 – Phytoplankton and their dynamics in oligotrophic and eutrophic lakes. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 9 : 475-495.

KALFF J., 1983 – Phosphorus limitation in some tropical African lakes. *Hydrobiologia*, 100 : 101-112.

SOMMER U., 1985 – Comparison between steady state and non-steady state competition: experiments with natural phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 30 : 335-346.

SOMMER U., 1989 – « The role of competition for resources in phytoplankton succession ». In SOMMER U. (Ed.) : *Plankton ecology: succession in plankton communities*. NY, Springer Verlag : 57-107.

SPIJKERMAN E., COESAL P. F. M., 1998 – Different response mechanisms of two planktonic desmid species

(Chlorophyceae) to a single saturating addition of phosphate. *J. Phycol.*, 34 : 438-445.

STRICKLAND J. D. H., PARSONS T. R., 1968 – *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 167, 309 p.

SUTTLE C. A., STOCKNER J. G., HARRISON P. J., 1987 – Effects of nutrient pulses on community structure and cell size of a freshwater phytoplankton assemblage in culture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44 : 1768-1774.

Annexe

Localisation des 49 réservoirs étudiés

Numéro	Site	Latitude N	Longitude W
1	Guiembé	09° 13' 34"	05° 42' 53"
2	Kaprémé 2	09° 08' 58"	05° 44' 27"
3	Kaprémé 1	09° 08' 57"	05° 44' 20"
4	Nerkéné	09° 05' 58"	05° 43' 53"
5	Bana	09° 01' 18"	05° 52' 01"
6	Poundia	09° 02' 9"	05° 46' 53"
7	Dikodougou	09° 02' 49"	05° 45' 58"
8	Kiemou	09° 02' 20"	05° 34' 08"
9	Koko Comité	09° 06' 17"	05° 32' 57"
10	Koko Kiémou	09° 05' 17"	05° 34' 58"
11	Dalengbo	09° 04' 39"	05° 37' 39"
12	Korokara Sud	09° 52' 40"	05° 38' 07"
13	Korokara Serpent	09° 51' 46"	05° 36' 11"
14	Korokara Palmier	09° 54' 29"	05° 37' 36"
15	Korokara Termitière	09° 54' 47"	05° 36' 40"
16	Kawavogo	09° 40' 59"	05° 35' 08"
17	Katégué	09° 34' 11"	05° 51' 44"
18	Wangari Tangafla	09° 32' 34"	05° 55' 39"
19	Tiegbé	09° 40' 37"	05° 18' 01"
20	Sinématiali nouveau	09° 35' 41"	05° 24' 00"
21	Sinématiali Sodéci	09° 34' 49"	05° 23' 08"
22	Peguékaha	09° 29' 21"	05° 25' 26"
23	Yedjandékaha	09° 20' 16"	04° 57' 17"
24	Sambakaha	09° 24' 09"	05° 06' 21"
25	Gboyo	09° 26' 32"	05° 07' 55"
26	Korobélékaha	09° 32' 30"	05° 11' 15"
27	Kouna Sodepra	09° 24' 27"	05° 13' 53"
28	Bakarivogo	09° 44' 17"	05° 10' 33"
29	Nambonkaha	09° 44' 00"	05° 09' 34"
30	Ouorosantiakaha	09° 42' 56"	05° 03' 53"

Numéro	Site	Latitude N	Longitude W
31	Lassologo	09° 35' 18"	05° 06' 48"
32	Yarabélé	09° 37' 8"	05° 02' 46"
33	Mamourou	09° 38' 58"	05° 00' 11"
34	Nambengué	10° 03' 12"	05° 18' 57"
35	Plohoulou	10° 01' 53"	05° 16' 58"
36	Diaratiévogo	09° 59' 59"	05° 15' 15"
37	Tordla	09° 59' 18"	05° 10' 41"
38	Foungolovogo	10° 03' 21"	05° 16' 39"
39	Dabavogo	10° 07' 05"	05° 19' 38"
40	Tiaplé	09° 05' 19"	05° 23' 29"
41	Diawala	10° 06' 38"	05° 26' 55"
42	Niéllé	10° 12' 33"	05° 37' 14"
43	Kapée	10° 10' 16"	05° 41' 04"
44	Foubevogo	10° 07' 23"	05° 41' 23"
45	Kassongo-Koro	10° 07' 50"	05° 42' 49"
46	Nambiadougou	10° 06' 55"	05° 07' 06"
47	Zanaplédougou	10° 06' 29"	05° 11' 02"
48	Kaouara nouveau	10° 06' 20"	05° 12' 43"
49	Sokourani	10° 01' 23"	05° 08' 50"

Distribution et évolution des biomasses végétales dans le petit barrage de Brobo (centre de la Côte d'Ivoire)

Serge Thomas

Philippe Cecchi

Daniel Corbin

Jean-Baptiste Assamoi

Dans les petits barrages, la production primaire repose en partie sur des formes alternatives ou complémentaires à la production primaire planctonique. Du fait de la faible profondeur des réservoirs, le sédiment peut constituer un support favorable au développement d'algues benthiques actives si elles sont suffisamment éclairées. D'importants peuplements de macrophytes peuvent par ailleurs coloniser la périphérie des retenues, tandis que la présence en grand nombre de supports divers (arbres ennoyés, macrophytes) est susceptible de favoriser le développement du périphyton.

Les quantités relatives de chacun de ces producteurs primaires dépendent de leur compétition pour l'accès et l'exploitation des ressources (lumière et sels nutritifs), de leurs capacités d'adaptation aux changements environnementaux (hauteur d'eau) et de l'intensité des interactions biotiques. Dans les milieux peu profonds, deux états stables sont souvent reconnus, qui opposent des eaux claires, dominées par les macrophytes, à des eaux turbides, où le phytoplancton est le producteur primaire principal (SCHEFFER *et al.*, 1993).

Il existe peu d'études prenant en compte l'ensemble des producteurs primaires d'un écosystème aquatique dans l'objectif d'en étudier globalement et simultanément les dynamiques et interactions (GOLDSBOROUGH et ROBINSON, 1996 ; STEINMAN *et al.*, 1997). Aussi est-il apparu utile d'évaluer la contribution de chacun des compartiments végétaux à la production primaire globale d'un petit barrage type, en complément à l'étude de la dynamique de son phytoplancton, classiquement seul pris en compte pour évaluer le potentiel productif des écosystèmes lacustres (BAIJOT *et al.*, 1994).

Introduction



Recouvrement du réservoir de Morrison, sur le Bandama Blanc au sud de Ferkéssédougou, par des macrophytes du genre *Potamogeton*.

La Sucaf (compagnie sucrière) met en culture plus de 12 000 hectares de canne à sucre dont l'irrigation est assurée par deux réservoirs, celui de Lokpoho et celui de Morrison. L'envahissement de ces deux plans d'eau préoccupe les sucriers qui s'interrogent sur la capacité actuelle réelle des réservoirs.

De juillet 1997 à septembre 1998, quatre campagnes ont ainsi été conduites sur le lac témoin de Brobo, dans l'objectif :

- de caractériser à l'échelle de l'écosystème aquatique et à différentes périodes hydrologiques la contribution de chacun des compartiments primaires à la biomasse végétale totale disponible ;
- de préciser la nature des interactions liant ces divers compartiments. Dans cette optique, on a supposé que le compartiment phytoplanctonique, en déterminant pour partie la disponibilité de l'énergie lumineuse au sein de l'écosystème, intervient comme facteur de régulation du développement des autres compartiments primaires.

Les compartiments pris en compte sont :

- le *phytoplankton*, microalgues de pleine eau ;
- le *microphytobenthos*, microalgues inféodées au fond du lac ;
- les *macrophytes* aquatiques, végétaux aquatiques rivulaires ;
- le périphyton des arbres ou *épixylon*, microalgues poussant sur la partie ennoyée des arbres ;
- le *périphyton* des macrophytes, microalgues épiphytes.

Le barrage de Brobo (4°40' N, 4°49' W), de statut privé, est situé à une trentaine de kilomètres de Bouaké, en zone de savane soudanienne (fig. 1).

Matériel et méthodes

Site d'étude

Créé en 1986 par le barrage de la rivière Soungourou Kan grâce à une digue en terre compactée d'environ 400 m de long, le réservoir draine un bassin versant d'environ 33 km². À la cote 0 (déversement), il possède une superficie de 85 ha, une profondeur moyenne de 2,9 m (pour une profondeur maximale 9,2 m) et un volume de 2,5 Mm³ qui le classe parmi les grands réservoirs de la région. De nombreux arbres enoyés, vestiges de la forêt galerie qui bordait la rivière, en occupent la partie centrale. La faible fréquentation des berges par les troupeaux et les maraîchers limite la quantité d'intrants dans le lac. Le temps de séjour moyen de l'eau du lac est d'environ 900 jours (THOMAS, 2000).



Fig. 1 - Carte de localisation de la retenue de Brobo, dans le centre de la Côte d'Ivoire.

Stratégie et méthodes d'échantillonnage

La contribution des différents compartiments à la biomasse primaire totale (bilan intégré à l'échelle du réservoir) a été étudiée à 4 périodes hydrologiques contrastées (tabl. I).

	Début de saison des pluies	Milieu de saison sèche	Après une grosse pluie (> 100 mm en 5 h)	Fin de saison des pluies
Cote* du lac (m)	-1,2	-2,8	-2,4	-2,75
Volume (Mm ³)	1,6	0,8	0,9	0,8
Surface (ha)	62,8	38,5	43,9	39,1

Tabl. I - Volumes et surfaces du lac de Brobo lors des échantillonnages.

*Référence de la cote 0 : niveau de déversement du réservoir.

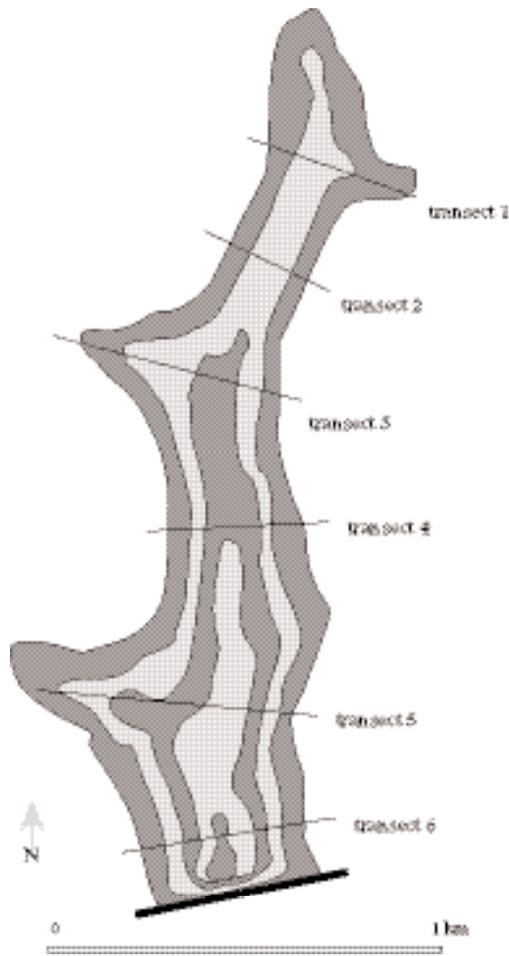


FIG. 2 - Bathymétrie (pas de 2 m) et localisation des transects du lac de Brobo.

Les différents compartiments de producteurs primaires ont été étudiés à partir de 6 transects perpendiculaires à l'axe nord-sud du lac, représentatifs de la variabilité amont/digue ainsi que des particularités de la retenue (baies, chenal, rives sous le vent, etc., fig. 2).

Ces campagnes s'inscrivent par ailleurs dans une surveillance en continu de l'écosystème basée sur des suivis à plus court pas de temps des différents compartiments : hebdomadaire pour le phytoplancton, bimensuel pour le périphyton, mensuel pour les macrophytes. Les quatre campagnes d'échantillonnage globales ont ainsi été replacées dans la dynamique temporelle de l'ensemble de l'écosystème (THOMAS *et al.*, 2000).

Pour chaque transect, l'effort d'échantillonnage a été proportionnel à l'importance relative de chaque tranche de profondeur, qu'elle soit rapportée à une surface (benthos) ou à un volume (phytoplancton). Chaque compartiment primaire a de plus requis un mode de prélèvement adapté :

- phytoplancton : bouteille à prélèvement horizontale de 2 litres ;
- microphytobenthos : carottier d'échantillonnage du sédiment ; seul le premier cm de sédiment a été considéré ;
- périphyton : mise en place de substrats artificiels verticaux immergés dans la partie la plus profonde du lac ; après colonisation, le périphyton est enlevé de son support par brossage ;
- périphyton des macrophytes : collecte des végétaux aquatiques qui lui servent de substrat ; les algues épiphytiques sont séparées des plantes aquatiques par agitation de l'ensemble dans un volume d'eau minérale ;
- macrophytes : arrachage des pieds et découpage aux ciseaux des ramifications inscrites dans un quadrat métallique de 50 cm de côté (0,25 m²). Afin de tenir compte de la disparition des macrophytes du bord vers le centre du lac, les rives sont découpées virtuellement en ceintures qui suivent des isobathes de 50 cm. Les macrophytes sont alors échantillonnés au niveau de la profondeur moyenne de chaque ceinture (0,25 m pour la ceinture 0-0,5 m par exemple) jusqu'à disparition complète.

Les résultats sont estimés en terme de concentration par unité de volume ou de surface. À partir d'une bathymétrie précise du lac, ils sont ensuite intégrés par tranches de profondeur d'un mètre, en rapport aux surfaces et volumes mis en jeu à la période considérée (tabl. I). La surface des arbres a quant à elle été estimée à partir de comptages sur des photos aériennes et d'observations *in situ* (biométrie).

L'indicateur de biomasse repose sur les biomasses pigmentaires (chlorophylle *a*, quantifiée par fluorimétrie après extraction au méthanol des

algues recueillies sur filtre Whatman GF/C, YENTSCH et MENTZEL, 1963) sauf pour les macrophytes, dont les biomasses sont exprimées en poids sec de matière organique. Les facteurs de conversion suivants ont été utilisés :

1 g chlorophylle *a* = 40 g C tandis que 1 g de matière sèche de macrophyte = 0,45 g C (LTIS et LEMOALLE, 1983 ; TALLING, 1992).

Résultats et discussion

La contribution de chacun des compartiments à la biomasse primaire totale du réservoir lors des quatre campagnes saisonnières (histogrammes) est présentée en regard de l'évolution de la cote (pointillés) du plan d'eau (fig. 3 A). Les dynamiques temporelles de chacun des compartiments (fig. 3 B) sont représentées pour la même période. Les diverses campagnes, qui sont des observations instantanées, peuvent ainsi être resituées dans l'évolution générale du métabolisme de l'écosystème.

D'un point de vue environnemental, l'événement majeur est l'absence de remplissage du réservoir lors de la saison des pluies 1997-1998.

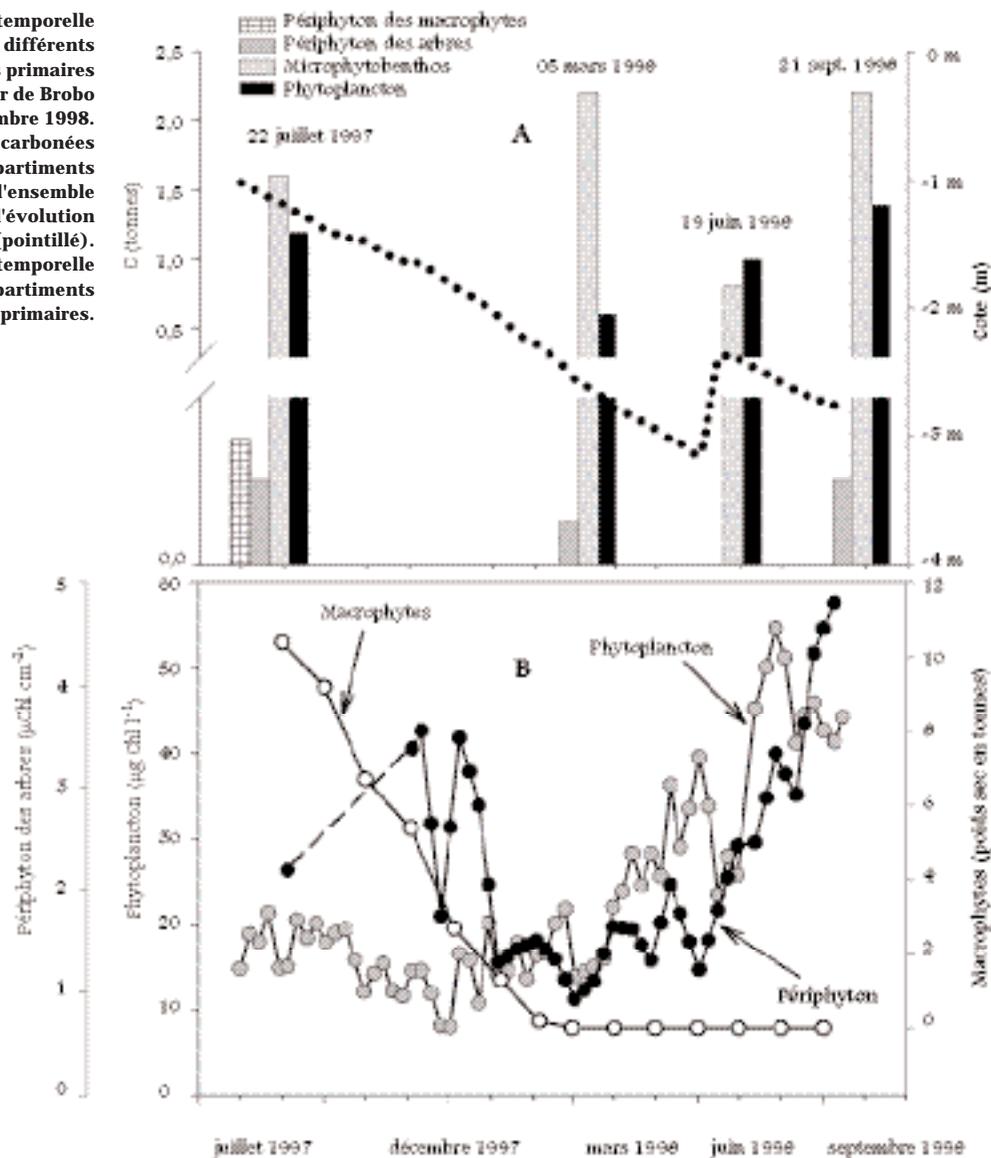
Le cumul pluviométrique pour l'année 1997, de 962 mm, n'est pas différent de ceux observés par exemple en 1992 et 1994 (961 et 958 mm, respectivement ; source Idessa-DCV, Bouaké), tandis que le remplissage s'était correctement effectué ces années-là. Plus que le cumul annuel, le déficit enregistré en septembre et octobre 1997 peut être invoqué : 166 mm d'apports pluviométriques en 1997, contre respectivement 289 et 299 en 1992 et 1994. Ces apports n'ont pas été suffisants pour assurer le ruissellement nécessaire à l'apparition de la crue du marigot, puis au gonflement des eaux du lac. Cette situation, encore jamais rencontrée depuis la mise en eau du barrage en 1986, va générer d'importantes conséquences sur le métabolisme primaire de l'écosystème.

Le compartiment macrophytique, principalement constitué de *Potamogeton octandrus*, disparaît assez rapidement (février 1998) car il ne peut s'adapter à la baisse continue et exceptionnelle du niveau de l'eau (0,2 m par mois). Sa contribution à la biomasse primaire totale était toutefois dominante lors du premier échantillonnage (> 55% de la biomasse carbonée totale).

La contribution du périphyton des macrophytes et des arbres demeure négligeable (tabl. II) quelle que soit la saison considérée (contribution maximale de l'ordre de 2 % de la biomasse carbonée totale, soit 1,5 g de chlorophylle *a*, en juillet 1997).

Les compartiments les plus importants en biomasse sont ceux du microphytobenthos et du phytoplancton. Leurs proportions relatives varient en fonction de la période hydrologique étudiée.

FIG. 3 - Dynamique temporelle et contribution des différents compartiments primaires dans le réservoir de Brobo entre juin 1997 et septembre 1998.
3 A : biomasses carbonées de chacun des compartiments intégrées à l'échelle de l'ensemble du réservoir, en regard de l'évolution de la cote du réservoir (pointillé).
3 B : dynamique temporelle des différents compartiments primaires.



En juillet 1997, les biomasses de ces deux compartiments sont assez semblables (56 % pour le phyto-benthos contre 42 % pour le phyto-plancton). En revanche, en mars 1998, alors que les macrophytes ont disparu, le compartiment benthique est le plus important en biomasse : 78 % contre 21 % pour le phytoplancton.

	Phytoplancton		Microphytobenthos		Macrophytes		Périphyton des macrophytes		Périphyton des arbres	
	C (t)	%	C (t)	%	C (t)	%	C (t)	%	C (t)	%
Juillet 1997	1,20	18,9	1,60	25,2	3,50	55,1	0,03	0,5	0,02	0,3
Mars 1998	0,60	21,4	2,20	78,3	0,00	0	0,00	0	0,01	0,4
Juin 1998	1,00	55,6	0,80	44,4	0,00	0	0,00	0	0,00	0,0
Septembre 1998	1,40	38,7	2,20	60,8	0,00	0	0,00	0	0,02	0,6

Tabl. II - Biomasses intégrées à l'ensemble du réservoir (tonnes de C) et pourcentages respectifs des divers compartiments primaires hors macrophytes au cours des quatre campagnes d'échantillonnage.

La disparition des macrophytes dans les zones de bordure peut expliquer ce résultat : il n'y a plus d'effet d'ombrage exercé par les macrophytes sur le phytobenthos et, par conséquent, celui-ci peut aisément coloniser les zones de bordure. Ce gain de biomasse en zone peu profonde accroît ainsi de manière très significative l'abondance relative du compartiment microphytobenthique. La faible contribution du compartiment phytoplanctonique s'explique quant à elle par la diminution du volume du lac alors que sa concentration reste comparable à celle observée en juillet 1997 (environ 20 $\mu\text{g l}^{-1}$).

La plus faible biomasse primaire totale est observée en juin 1998, juste après une importante précipitation qui a fait monter le niveau du lac de presque 80 cm en une journée (apport de près de 0,4 Mm³, soit une augmentation de volume d'un facteur 1,5). À ce stade, le niveau du lac était encore inférieur d'environ 3 m à sa valeur normale.

Quantitativement, les compartiments microphytobenthique et phytoplanctonique sont alors très diminués et d'importance relative quasi égale (respectivement 44 % contre 56 % pour une biomasse totale de plus de 40 kg de chlorophylle *a*). La montée rapide des eaux a eu pour conséquence la dilution du phytoplancton dans un volume d'eau 1,5 fois plus grand. Cela explique partiellement la chute de la concentration du phytoplancton qui demeure malgré tout plus importante qu'en mars 1998. Le volume étant plus important, il est donc logique que quantitativement, ce compartiment soit plus important qu'en mars.

La faible proportion massique du microphytobenthos est expliquée principalement par l'action conjuguée de deux facteurs physiques :

- la montée rapide de l'eau de près de 80 cm a engendré une dégénérescence du microphytobenthos qui n'a plus accès à la lumière (dans les zones situées entre Z_{eu} et ($Z_{\text{eu}} + 0,8$ m)¹). À l'inverse, sur les bordures nouvellement submergées, le microphytobenthos n'a pas encore eu le temps de coloniser les substrats disponibles ;

¹ Z_{eu} est la profondeur de la zone euphotique, limitée par la profondeur à laquelle parvient 1% de la lumière incidente. Il s'agit d'une limite physiologique théorique pour les végétaux aquatique, en deçà de laquelle la photosynthèse brute ne compense plus les pertes par respiration.

– ce phénomène est encore accentué du fait de l'augmentation de la turbidité des eaux due aux particules terrigènes provenant de l'érosion pluviale des bords du lac. Même dans les zones encore suffisamment éclairées, ce matériel sédimente sur le microphytobenthos, le privant alors de lumière.

Ces deux facteurs conjugués ont conduit à une sévère et rapide dégénérescence du compartiment primaire benthique.

La plus forte biomasse totale est finalement observée en septembre 1998 et correspond à une forte contribution quantitative des compartiments microphytobenthique et phytoplanctonique.

Cette situation est exceptionnelle, puisqu'à ce moment de l'année, le niveau de l'eau devrait être à son maximum. Les processus de dilution et de réinitialisation des communautés phytoplanctoniques sous l'effet de l'apport massif des eaux de crue ne se sont pas produits. Le réservoir est en phase continue de concentration, brièvement interrompue par une faible crue en juin. Les dynamiques propres associées à chacun des deux compartiments apparaissent ainsi en continuité depuis la saison sèche précédente, et ne sont plus contrôlées que par leurs interactions.

La concentration du phytoplancton est en effet la plus importante enregistrée (plus de 40 $\mu\text{g l}^{-1}$ de chlorophylle *a*) durant toute la période d'étude. La biomasse intégrée du phytoplancton est ainsi nettement plus importante que celle observée en mars 1998, où pourtant la cote du barrage était équivalente.

La relativement faible biomasse intégrée du microphytobenthos observée en septembre 1998 (un peu moins de 60 kg de chlorophylle *a*) par rapport à celle de mars 1998 (70 kg de chlorophylle *a*) s'explique inversement par la forte contribution du phytoplancton à l'atténuation lumineuse, qui passe de 15 % en mars à 40 % en septembre. Cet effet d'ombrage du phytoplancton sur le microphytobenthos diminue ainsi sensiblement son accès à la lumière et donc ses performances.

La contribution du compartiment périphytique des arbres est négligeable par rapport à celles des autres compartiments primaires du lac de Brobo. La faible densité des arbres ennoyés, ainsi que leurs diamètres modestes, n'autorise pas un développement important de périphyton. Ce compartiment ne paraît pas pouvoir jouer un rôle significatif sur la productivité primaire globale au sein de ce type d'écosystème.

Conclusion



***Heterotis niloticus* à Katiali. Encore appelé « poisson cameroun », en raison de l'origine des premiers individus utilisés pour son empoisonnement dans les années 1950, il a fait l'objet de nombreuses introductions dans les lacs artificiels de Côte d'Ivoire. Dans certains réservoirs, la raréfaction des ceintures végétales consécutive à des déficits hydrologiques a provoqué la disparition de cette espèce du fait de l'impossibilité physique pour les poissons de construire les nids dont ils ont besoin pour se reproduire.**

Le compartiment macrophytique et son périphyton associé contribuent assez faiblement à la biomasse primaire totale du lac de Brobo pour la période étudiée, atypique en raison des perturbations hydrologiques rencontrées. En situation normale, les ceintures macrophytiques jouent cependant un rôle important, particulièrement lors des périodes de hautes eaux, en abritant soit à des fins trophiques, soit simplement à des fins d'abris, de nombreuses espèces de poissons qui viennent s'y reproduire (comme par exemple *Heterotis niloticus* qui y aménage son nid). Ces végétaux participent par ailleurs à la rétention des particules en suspension et à l'éclaircissement des eaux, mais aussi indirectement, dans les milieux peu profonds, au comblement des réservoirs.

La disparition brutale des macrophytes, conséquence de l'absence de crue durant la saison des pluies de 1997, s'est traduite par une nette stimulation de la contribution des compartiments benthique et phytoplanctonique. Les plantes vasculaires et en particulier différentes espèces du genre *Potamogeton* sont connues de longue date pour métaboliser des médiateurs chimiques qui inhibent par allélopathie la croissance du phytoplancton (ALLEN, 1971). La disparition des macrophytes a logiquement levé cette inhibition, tandis que dans le même temps, les zones périphériques de la retenue, dégagées de leur couvert végétal, redevenaient des zones propices au phytoplancton et au microphytobenthos. De fait, les

macrophytes n'ont pas colonisé les rives du lac au fur et à mesure de son confinement, de même qu'ils n'ont pas réinvesti les zones inondées lors de l'épisode de remplissage.

Les compartiments phytoplanctonique et microphytobenthique sont finalement les principaux réservoirs de biomasse primaire du lac de Brobo. Leurs proportions relatives varient en fonction du statut hydrologique du lac. D'une manière générale, en termes de biomasses accumulées, c'est le compartiment microphytobenthique qui domine, sauf en période de crue importante. En regard des communautés de poissons classiquement rencontrées dans ce type d'écosystème artificiel, il apparaît que les ressources accumulées par ce compartiment sont faiblement exploitées (Da Costa *et al.*, ce volume). Leur dégradation et minéralisation pourront cependant, dans certaines conditions, contribuer régulièrement à réalimenter en éléments nutritifs les niveaux superficiels de la colonne d'eau, à la faveur d'événements climatiques ou hydrologiques qui redistribueront sédiments et nutriments (Arfi *et al.*, ce volume).

La variable de forçage principale est finalement le niveau de l'eau, qui détermine la nature des interactions entre compartiments (SAND-JENSEN et BORUM, 1991) et en particulier contrôle le rôle de la lumière : effet d'ombrage des macrophytes sur les zones périphériques avant leur disparition ; ombrage exercé par le phytoplancton sur le microphytobenthos par la suite, lors de la phase de confinement du réservoir.

L'absence de remplissage de la retenue de Brobo durant l'hivernage 1998 s'est donc accompagnée d'un profond changement de métabolisme du réservoir. Un tel événement, pour perturbant qu'il soit, n'est pas un fait exceptionnel même s'il est difficile d'en définir la période de retour pour les petits barrages. Au demeurant, les faits écologiques illustrés par cette étude de cas alimentent la théorie des États Stables Alternatifs (SCHEFFER *et al.*, 1993), qui suggère l'alternance possible pour un même écosystème de phases claires, dominées par les macrophytes, et de phases turbides, où le phytoplancton devient le principal producteur primaire.

L'envahissement progressif de nombre de plans d'eau par les macrophytes, à la fois cause et conséquence de leur comblement, oriente le métabolisme des écosystèmes au détriment de la production phytoplanctonique. Cette situation se rencontre fréquemment, notamment dans les zones au modelé très doux où la profondeur des réservoirs était dès le départ très faible : le statut des réservoirs glisse progressivement de celui de petit lac plat à celui de zone humide, aux fonctions et propriétés bien spécifiques.



Petit barrage de Plohoo, à proximité de Nambengué, quelques années après sa mise en eau.

Le site, très plat, n'a pas été déboisé, comme en témoignent les troncs blanchis des arbres de la forêt galerie qui s'étirait le long du marigot, et dont on aperçoit une relique en arrière-plan.

La profondeur est la variable de forçage principale, directement contrôlée par les aléas climatiques et l'usage de la ressource en eau des réservoirs. L'extrême variabilité spatiale des régimes pluviométriques fait peser chaque année et sur chaque petit barrage la menace d'un déficit... ou d'un excès. Dans un cas comme dans l'autre, la perturbation engendrée se traduira par un impact métabolique direct. Cet aléa représente une variable sélective puissante qui, sur le long terme, devrait se traduire par des communautés résilientes vraisemblablement diminuées. Sur le long terme aussi, il est probable que la connectivité des systèmes, tant en saison humide lorsque tout le réseau hydrographique est en écoulement, qu'en saison sèche, à la faveur de tous les échanges induits par les usagers des plans d'eau (pêcheurs, troupeaux, etc. itinérants d'un site à l'autre), compense pour partie l'impact de cette force sélective.

Réintroductions spontanées ou non et re-colonisation des plans d'eau représentent en effet une des clés du maintien de la biodiversité dans les petits barrages. Leur nombre, leur densité et l'intensité des usages dont ils sont l'objet concourent à limiter sur le long terme les effets perturbants d'événements tels que celui décrit dans cet exemple, susceptible à un moment ou à un autre de concerner n'importe lequel des petits barrages de la région.

R é f é r e n c e s

- ALLEN H. L., 1971 – Primary productivity, chemo-organotrophy, and nutritional interactions of epiphytic algae and bacteria on macrophytes in the littoral of a lake. *Ecological Monographs*, 41 : 97-127.
- BAIOT E., MOREAU J., BOUDA S., 1994 – *Aspects hydro-biologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano-sahélienne*. Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) ; Commission des communautés européennes (CCE), Bruxelles, 250 p.
- GOLDSBOROUGH L. G., ROBINSON G. G. C., 1996 – « Patterns in Wetlands ». In STEVENSON R. J., BOTHWELL M. L., LOWE R. L. (eds.) : *Algal Ecology*, Academic Press, NY : 77-117.
- ILTIS A., LEMOALLE J., 1983 – « The aquatic vegetation of Lake Chad ». In CARMOUZE J.-P., DURAND J.-R., LÉVÊQUE C. (eds) : *Lake Chad. Ecology and productivity of a shallow tropical ecosystem*, Junk Publishers, The Hague : 125-144.
- SAND-JENSEN K., BORUM J., 1991 – Interactions among phytoplankton, periphyton, and macrophytes in temperate freshwaters and estuaries. *Aquatic Botany*, 41 : 137-175.
- SCHEFFER M., HOSPER S. H., MEIJER M. L., MOSS B., JEPPESEN E., 1993 – Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution*, 8 : 275-279.
- STEINMAN A. D., MEEKER R. H., RODUSKY A. J., DAVIS W. P., MCINTIRE C. D., 1997 – Spatial and temporal distribution of algal biomass in a large subtropical lake. *Archiv für Hydrobiologie*, 139 : 29-50.
- TALLING J. F., 1992 – Environmental regulation in African shallow lakes and wetlands. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 25 : 87-144.
- THOMAS S., 2000 – *Les différents producteurs primaires d'un petit barrage tropical africain : dynamiques et interactions (Brobo, Côte d'Ivoire)*. Thèse de doctorat, univ. Paris-VI, 246 p.
- THOMAS S., CECCHI P., CORBIN D., LEMOALLE J., 2000 – The different primary producers in a small African tropical reservoir during a drought: temporal changes and interactions. *Freshwater Biol.*, 45 : 43-56.
- YENTSCH C. S., MENTZEL D. W., 1963 – A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. *Deep Sea Res.*, 10 : 221-231.

Métabolisme bactérien et phytoplanctonique de trois petits barrages de Côte d'Ivoire

Marc Bouvy

Robert Arfi

Philippe Cecchi

Daniel Corbin

Marc Pagano

Lucien Saint-Jean

Serge Thomas

L'un des axes de recherche du programme Petits Barrages dans sa composante limnologique est, en relation avec les différents facteurs agissant sur les écosystèmes, l'identification des éléments structuraux et fonctionnels qui en expliquent la productivité (CECCHI, 1998). Tout écosystème, d'une façon générale, est en équilibre entre l'homogénéité et l'hétérogénéité (LEGENDRE et TROUSSELLIER, 1993) et cela sous la pression de trois forces : exogènes, comme les énergies auxiliaires, endogènes, comme les conditions environnementales, et enfin, anthropogènes, induites par la pression humaine. Pour analyser et comprendre le fonctionnement d'un écosystème aquatique, il est nécessaire de prendre en compte les différentes théories relatives au contrôle de la dynamique spatio-temporelle des différentes communautés biologiques pélagiques. Dans ce travail seront abordés les métabolismes bactériens et phytoplanctoniques de trois petits barrages (fig. 1) étudiés au cours de quatre saisons hydrologiques, avec pour objectif de caractériser le fonctionnement trophique de ces réservoirs tropicaux : *hétérotrophie* (avec apport de matière organique allochtone) et (ou) *autotrophie* (utilisation de la matière organique phytoplanctonique).

Introduction

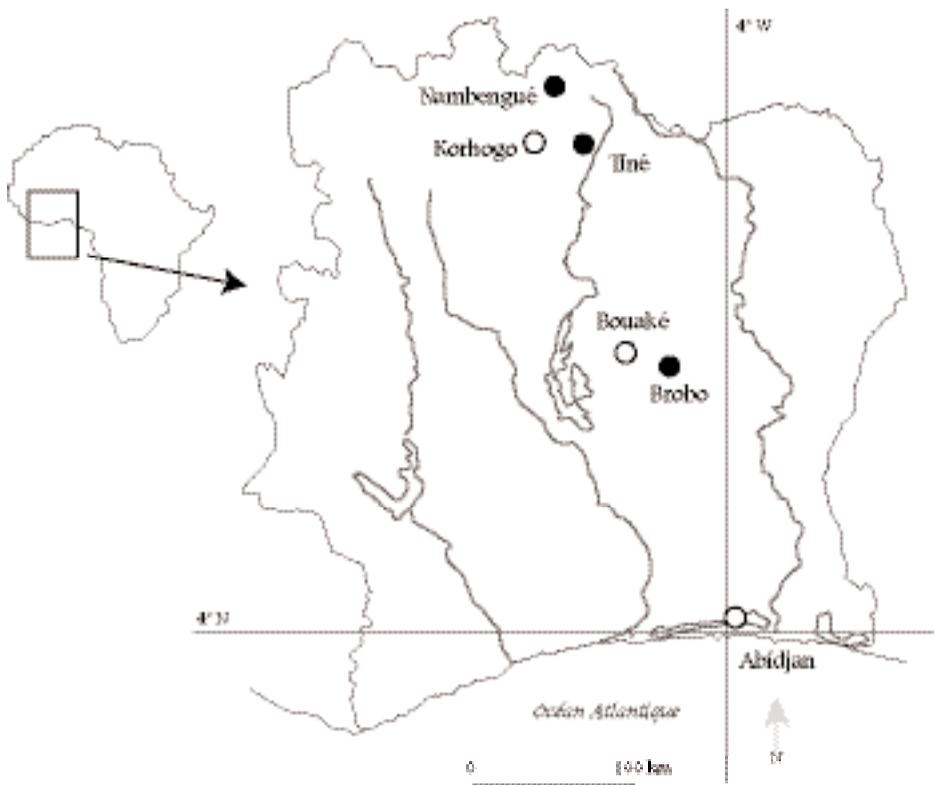


FIG. 1 - Carte de localisation des barrages de Nambengué, Tiné et Brobo.

Matériel et méthodes

Pour obtenir une bonne couverture des différentes situations écologiques rencontrées dans cette zone caractérisée par un cycle saisonnier marqué au niveau des précipitations, avec une saison des pluies de mai à septembre et une saison sèche entre novembre et mars, quatre saisons hydrologiques ont été étudiées. Les campagnes ont été réalisées en octobre (fin de la saison des crues et du remplissage avec des niveaux d'eau relativement hauts), en novembre (début de la saison sèche avec temps calme), en mars (saison sèche avec possibilité d'orages violents) et juin (début de la saison des pluies, sans crues avec des niveaux d'eau les plus bas). Nous considérons les trois réservoirs localisés sur la figure 1.

– Nambengué (10° 03' N, 5° 19' W), le plus petit réservoir étudié avec une surface de 13 ha, présente une profondeur maximale proche de 3 m et se caractérise par un usage pastoral intense et un enrichissement potentiellement important par les déjections du bétail.

– Tiné (9° 31' N, 5° 32' W) est un réservoir moyen avec une superficie de 45 ha, une profondeur maximale de l'ordre de 7 m avec une stratification transitoire. Son premier usage est l'irrigation pour le riz.

– Brobo (4° 40' N, 4° 49' W), proche de Bouaké, est le plus grand avec près de 85 ha, une profondeur maximale supérieure à 9 m et un hypolimnion souvent anoxique (THOMAS, 2000). Il s'agit d'un réservoir privé, soumis à de faibles pressions anthropiques.

Le choix des stations dans chaque réservoir a été déterminé selon la profondeur et la géométrie du site.

Les paramètres physico-chimiques classiques (température, oxygène dissous, pH et conductivité) ont été mesurés *in situ* à l'aide de sondes (YSI et WTW). Les coefficients d'atténuation lumineuse ont été déterminés à partir des profils d'extinction réalisés à l'aide d'un quantamètre sphérique LiCor 193SB. Les sels nutritifs ont été analysés selon les procédures de STRICKLAND et PARSONS (1968).

Les échantillons de bactérioplancton ont été fixés au formol et colorés au fluochrome DAPI (PORTER et FEIG, 1980). Les volumes bactériens ont été mesurés (> 100 cellules) sur des diapositives à l'aide d'une table à digitaliser et calculés en utilisant les formules de KRAMBECK *et al.* (1981). En raison de la petite taille des cellules, un facteur de conversion de 0,2 pgC μm^{-3} a été adopté pour l'estimation des biomasses carbonées (SIMON et AZAM, 1989). Les concentrations en chlorophylle *a* ont été déterminées par fluorimétrie après extraction au méthanol (YENTSCH et MENZEL, 1963). Un ratio classique (chlorophylle/carbone) de 50 a été retenu pour le calcul des biomasses algales carbonées.

La production primaire phytoplanctonique a été mesurée par incorporation de ^{14}C (2 à 3 heures d'incubation en milieu de journée) et extrapolée à la journée. La production bactérienne nette a été mesurée par incorporation de thymidine tritiée (Bouvy *et al.*, 1998). Les méthodes de mesures des biomasses et productions zooplanctoniques sont détaillées dans AKA *et al.* (2000).

Les températures varient peu, avec toutefois des minima en novembre et des maxima en mars à Nambengué, réservoir le plus petit et donc le plus sensible aux variations climatiques (tabl. I).

Les conductivités sont toujours inférieures à 200 $\mu\text{S cm}^{-1}$ avec les plus fortes valeurs enregistrées à Nambengué. Les valeurs de pH sont peu

Résultats et discussion

		BROBO				NAMBENGUÉ				TINÉ	
		Oct.	Nov.	Mars	Juin	Oct.	Nov.	Mars	Juin	Oct.	Nov.
Température (°C)	S	27,8	28,9	30,1	29,8	29,8	24,9	30,4	28,3	27,9	26,8
	F	26,7	27,8	27,5	27,9	26,7	24,1	29,6	27,3	26,4	26,4
Conductivité ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	S	50,1	nd	69,9	59,2	80,8	nd	164,4	102,3	30,6	nd
	F	48,5	nd	73,3	nd	80,1	nd	163,7	nd	30,6	nd
pH	S	7,00	nd	8,30	6,24	6,24	nd	7,76	6,36	5,9	nd
	F	nd	nd	7,61	nd	nd	nd	7,62	nd	nd	nd
Prof. euph. (m)		3,1	3,8	3,9	3,5	1,7	1,9	1,1	1,0	1,3	3,3
N-NO ₃ (μM)	S	1,00	0,74	1,53	4,01	1,44	0,68	9,66	5,22	1,67	1,45
	F	0,89	0,82	2,00	4,53	1,27	1,67	5,57	5,95	1,61	1,10
N-NH ₄ (μM)	S	6,80	4,60	3,47	4,40	4,02	3,12	3,87	5,14	4,56	5,06
	F	10,92	20,08	17,12	12,00	10,44	3,54	3,88	3,39	15,8	5,27
P-PO ₄ (μM)	S	0,15	0,08	0,26	0,35	0,09	0,08	0,19	0,38	0,23	0,09
	F	0,18	0,05	0,24	0,31	0,09	0,08	0,13	0,55	0,10	0,09

**Tabl. I - Moyennes (n = 5)
des variables chimiques
et physiques pour les trois
campagnes aux 2 profondeurs
(S, surface et F, fond) ;
nd: non déterminées.**

élevées avec une légère tendance à l'acidité. Les profondeurs de la zone euphotique sont importantes à Brobo mais faibles à Nambengué et Tiné et cela quelle que soit la saison.

Les concentrations en nitrates sont relativement faibles, sauf à Nambengué en mars et juin et à Brobo en juin, correspondant aux basses eaux. Les concentrations en ammoniacque à Brobo sont nettement plus importantes au fond, suggérant une minéralisation importante de la matière organique par les bactéries. À Nambengué, les valeurs sont identiques en surface et au fond, en raison de la faible profondeur du réservoir permettant la resuspension fréquente de l'interface eau-sédiment sous l'action du vent. Enfin, les teneurs en orthophosphates sont faibles, inférieures à 1 μM , ce qui suggère une remobilisation intense de ce nutriment par les communautés phytoplanctoniques (tabl. I).

Au total, 54 espèces phytoplanctoniques ont été identifiées dans les 3 réservoirs, appartenant à 6 grands groupes taxinomiques différents. Les chlorophycées et les cyanobactéries représentent les deux grands groupes dominants en termes de nombre d'espèces, d'abondance et de biomasse.

À Brobo, les chlorophycées dominent quelle que soit la saison, les conditions du milieu leur étant favorables (forte pénétration lumineuse).

Les cyanobactéries dominent à Nambengué et à Tiné sauf en octobre, période de hautes eaux, durant laquelle les chlorophycées sont les plus abondantes. Les espèces dominantes peuvent être considérées comme appartenant au groupe S (REYNOLDS, 1994), groupe de compétiteurs à croissance lente, typiques des lacs stratifiés et bien adaptés aux milieux saturés.

À Nambengué, se développe en mars une communauté basée sur des peuplements de cyanobactéries et de chlorophycées, mais aussi de diatomées avec une espèce de petite taille (*Melosira* sp.) qui peut être considérée comme une espèce de type C et R (REYNOLDS, 1994), tolérante aux turbulences et ayant une croissance plus rapide.

Les abondances bactériennes et algales sont significativement et positivement corrélées, avec les valeurs les plus élevées rencontrées au cours de la saison sèche (fig. 2 a). Un même schéma corréle les biomasses bactériennes aux productions bactériennes avec les valeurs les plus faibles observées en novembre à Brobo (fin de saison des pluies) et les valeurs les plus élevées au cours de la saison sèche, avec des maxima à Nambengué en juin (fig. 2 b).

Les deux régressions présentées permettent de conclure que les communautés bactériennes sont fortement contrôlées par les ressources (relation qualifiée de *bottom-up*) et qu'il existe un couplage métabolique étroit entre les communautés bactériennes et phytoplanctoniques.

Dans le but de comparer le fonctionnement des réservoirs, toutes les données ont été ramenées par unité de surface en considérant la hauteur de la couche euphotique (tabl. II).

Le rapport entre la production bactérienne nette et la production primaire nette (PBN/PPN), qui permet d'évaluer la part de la production primaire qui transite par les communautés bactériennes, s'élève en moyenne à 54 % (tabl. II), alors que la moyenne reportée par COLE *et al.* (1988) n'atteint que 30 %. La demande carbonée bactérienne moyenne (respiration) s'élève à 678 mg C m⁻² j⁻¹, qui correspondent à 81 % de la production primaire nette.

Cela suggère que ces systèmes biologiques seraient basés sur l'*autotrophie*, avec un métabolisme phytoplanctonique qui est la première source de substrats organiques pour les communautés bactériennes. À Nambengué en mars, la respiration bactérienne excède la production primaire nette, suggérant que les espèces algales libèrent d'autres composés organiques dissous moins assimilables pour les communautés bactériennes, peut-être en relation avec le pourcentage élevé de diatomées rencontré à cette

époque dans ce réservoir. Les bactéries puisent alors leur complément de matière organique dans les apports allochtones provenant principalement des déjections des troupeaux.

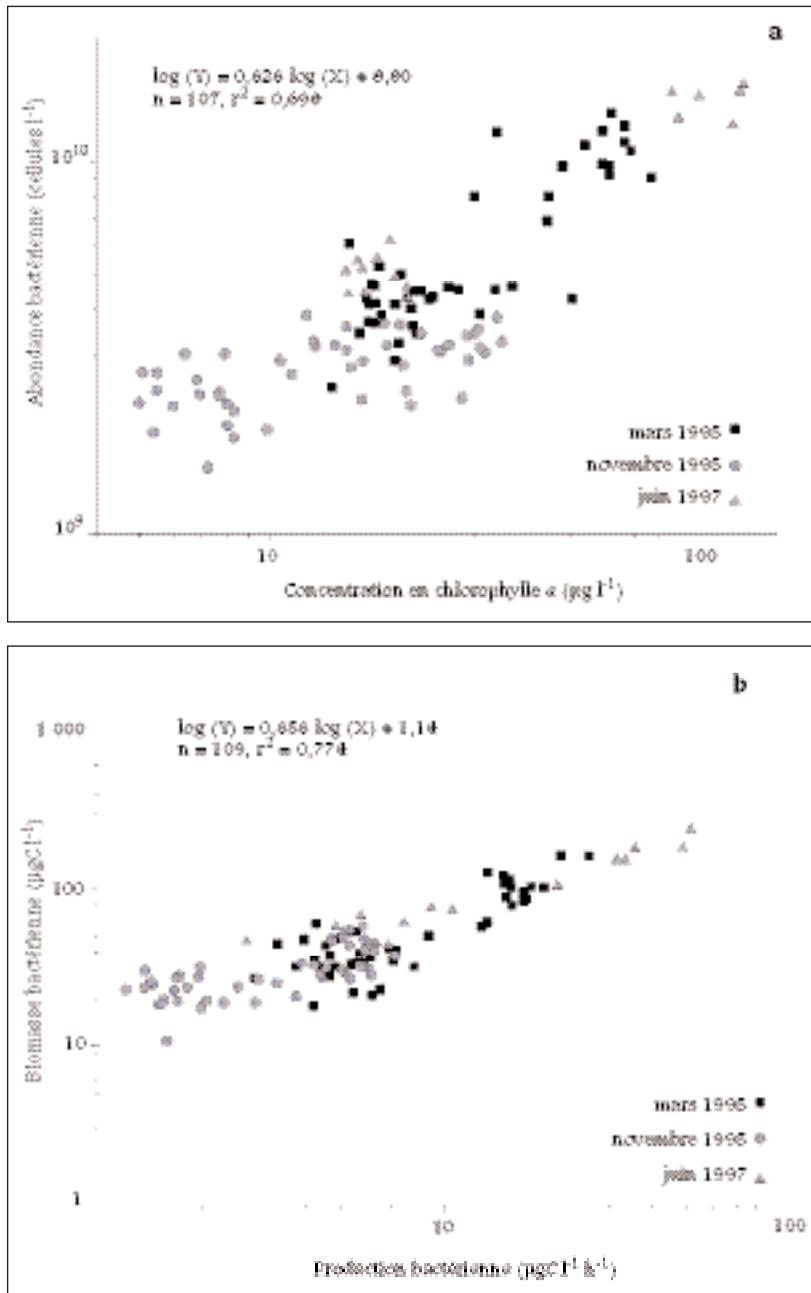
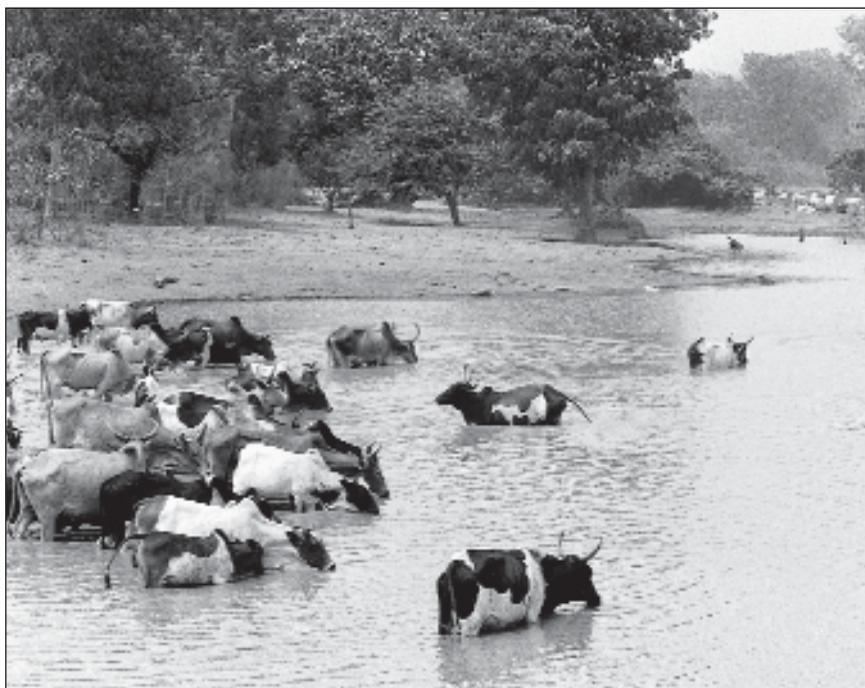


FIG. 2 - Régressions linéaires (log-log) entre l'abondance bactérienne et la concentration en chlorophylle a (a) et entre l'abondance et la production bactérienne (b) dans les 3 réservoirs.

Abreuvement du bétail au petit barrage de Korokara Serpent, sur l'axe Korhogo Diawala. En plein cœur de saison sèche, les petits barrages situés dans les principales aires de transhumance peuvent être quotidiennement visités par plusieurs milliers de têtes de bétail qui se succèdent pour s'y abreuver. Les conflits avec les agriculteurs autochtones sont fréquents, d'autant plus que les espaces se saturent avec l'extension des parcelles cultivées, et que simultanément, se ferment les espaces de parcours traditionnellement exploités par les troupeaux.



	Zone euphotique (m)	Production bactérienne (mgC m ⁻² j ⁻¹)	Respiration bactérienne* (mgC m ⁻² j ⁻¹)	Production primaire (mgC m ⁻² j ⁻¹)		PBN / PPN (%)
		Nette*		Totale	Nette*	
Brobo						
Novembre	3,5	136	204	481	289	47
Mars	3,5	414	621	1 204	722	57
Juin	3,5	451	676	1 700	1 020	44
Nambengué						
Novembre	2	273	409	1 085	651	42
Mars	1	846	1 269	1 005	603	140
Juin	1	729	1 093	2 545	1 527	48
Tiné						
Novembre	3,5	320	480	1 766	1 060	30
Moyenne		452	678	1 398	838	54

* En estimant une respiration phytoplanctonique de 40 % de la production totale pour obtenir la production primaire nette et une efficacité de croissance bactérienne de 40 % pour obtenir la respiration bactérienne.

Tabl. II - Respiration et production bactérienne nette (PBN), production primaire totale et nette (PPN) dans la zone euphotique des différents réservoirs aux trois saisons.

De forts taux de broutage ont été obtenus lors des expérimentations réalisées en mars et en juin. La quasi-absence de ciliés phagotrophes évite une étape supplémentaire dans le transfert de matière entre bactéries et macrozooplancton (Bouvy, 2001). La production bactérienne peut donc être consommée grâce au couplage de deux étapes : bactéries-flagellés-cladocères. Si 54 % de la production primaire nette transite par les bactéries, les flagellés hétérotrophes pourront en assimiler 22 % (efficacité de 40 %) et le zooplancton en consommera 9 %. L'importance de cette boucle microbienne peut paraître faible. Toutefois, comme plus de la moitié des algues du milieu n'est pas directement assimilable par le zooplancton (cyanobactéries et chlorophycées filamenteuses), ce transfert de la matière organique phytoplanctonique par la boucle microbienne joue un rôle non négligeable dans la structuration trophique des écosystèmes considérés.

Le fonctionnement des réservoirs étudiés repose ainsi pour une large part sur un réseau métabolique autotrophe, interne à l'écosystème. Excepté Nambengué en mars, les réservoirs peuvent être considérés comme des systèmes biologiques produisant des niveaux élevés d'oxygène dissous (DEL GIORGIO *et al.*, 1997).

R é f é r e n c e s

AKA M., PAGANO M., SAINT-JEAN L., ARFI R., BOUVY M., CECCHI P., CORBIN D., THOMAS S., 2000 – Zooplankton variability in 49 shallow tropical reservoirs of Ivory Coast (West Africa). *Int. Rev. Hydrobiol.*, 85 : 491-504.

BOUVY M., 2001 – *Contrôle du compartiment bactérien dans les écosystèmes aquatiques tropicaux : le rôle de la prédation*. Habilitation à diriger les recherches, univ. Montpellier-II, 60 p.

BOUVY M., ARFI R., CECCHI P., CORBIN D., PAGANO M., SAINT-JEAN L., THOMAS S., 1998 – Trophic coupling between bacterial and phytoplanktonic compartments in shallow tropical reservoirs (Côte d'Ivoire, West Africa). *Aquatic Microbial Ecology*, 15 : 25-37.

CECCHI P., 1998 – De la construction d'un objet pluridisciplinaire : les Petits-Barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. *Natures, Sciences, Sociétés*, 6 (2) : 73-83.

COLE J. J., FINDLAY S., PACE M. M. 1988 – Bacterial production in fresh and saltwater ecosystems: a cross-system overview. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 43 : 1-100.

DEL GIORGIO P. A., COLE J. J., CIMBERLIS A., 1997 – Respiration rates in bacteria exceed phytoplankton production in unproductive aquatic systems. *Nature*, 385 : 148-151.

KRAMBECK C., KRAMBECK K. H. J., OVERBECK J., 1981 – Microcomputer assisted biomass determination of plankton bacteria on scanning electron micrographs. *Appl. Environ. Microbiol.*, 42 : 142-149.

LEGENDRE P., TROUSSELLIER M., 1993 – « Origin of spatial structures in aquatic bacterial communities: from hypotheses to numerical solutions ». In GUERRERO R., PEDROS-ALIO C. (eds.) : *Trends in Microbial ecology*, Spanish Society for Microbiology, Barcelona : 353-358.

PORTER K. G., FEIG Y. S., 1980 – The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.*, 25 : 943-948.

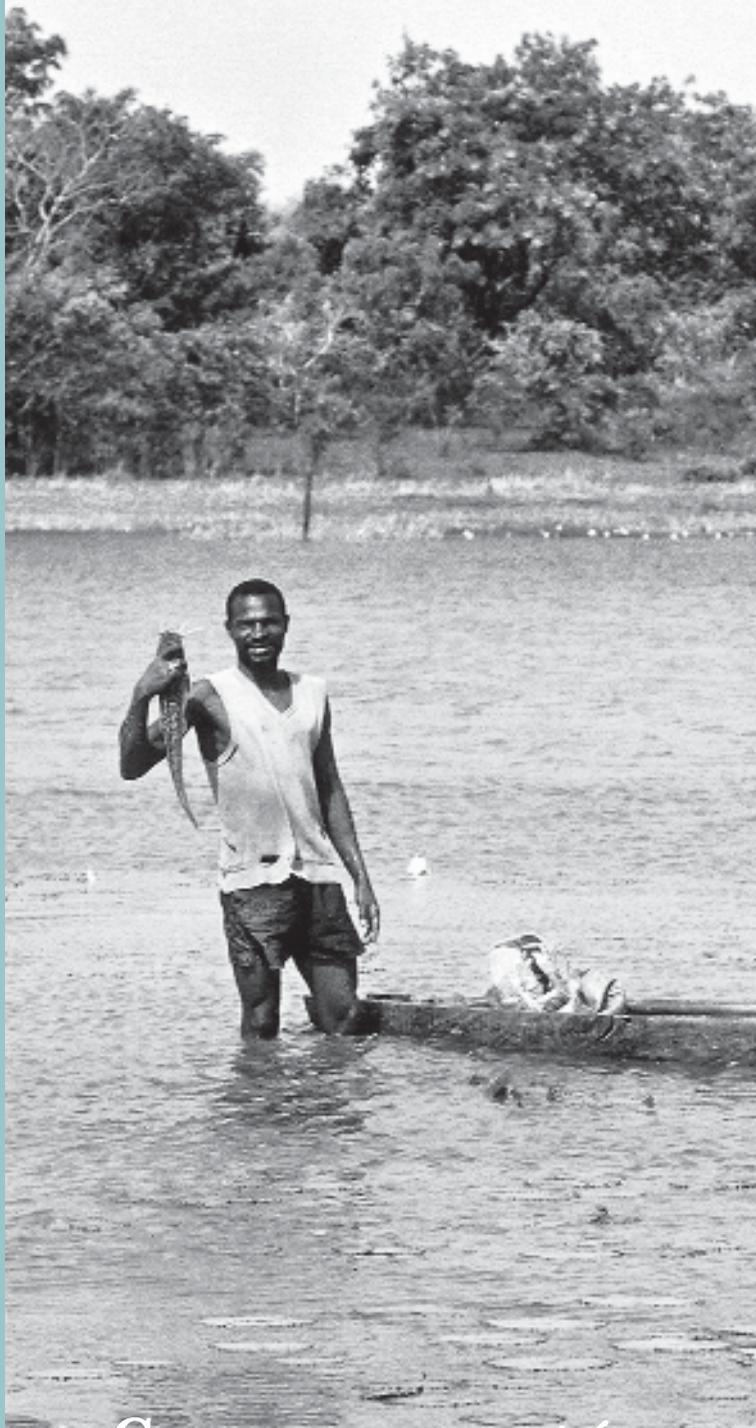
REYNOLDS C. S., 1994 – The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by the physical mixing in lakes and rivers. *Hydrobiologia*, 289 : 9-21.

SIMON M., AZAM F., 1989 – Protein content and protein synthesis rates of planktonic marine bacteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 51 : 203-213.

STRICKLAND J. D. H., PARSONS T. R., 1968 – *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 167, 309 p.

THOMAS S., 2000 – *Les différents producteurs primaires d'un petit barrage tropical africain : dynamiques et interactions (Brobo, Côte d'Ivoire)*. Thèse de doctorat, univ. Paris-VI, 246 p.

YENTSCH C. S., MENZEL D. W., 1963 – A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. *Deep Sea Res.*, 10 : 221-231.



Communautés et ressources aquatiques

▲ Pêcheur à Katiali.

Introduction

Entre exploitation et conservation : les communautés aquatiques des petits barrages

Innovation dans les paysages, comme les textes de la première partie de l'ouvrage l'ont montré, innovation dans les sociétés, comme les contributions de la troisième partie s'attacheront à l'analyser, les petits barrages constituent aussi une innovation pour les communautés aquatiques qui, spontanément ou à la faveur de leur introduction accidentelle ou volontaire par l'homme, s'y développeront (CECCHI, 1998).

Les contributions de cette partie ne s'attacheront pas seulement à étudier les propriétés et caractéristiques des communautés aquatiques concernées. Elles tendront également à décrypter le métabolisme des écosystèmes et leurs propriétés émergentes. Tant les communautés de poissons, du fait de leur potentiel exploitable, que les communautés de mollusques, en raison de leur potentiel pathogène, jouent le rôle de médiateurs dans les interactions entre l'homme et les réservoirs : le poisson ne se transforme en ressource et le mollusque en vecteur que parce que l'homme l'exploite ou se (le) contamine... *In fine*, les « biens et services » associés aux écosystèmes aquatiques (valorisation halieutique) tout comme certains des risques qu'ils contribuent à générer (risques sanitaires notamment), même s'ils reposent sur le dynamisme (reproduction, croissance) d'organismes inféodés aux milieux aquatiques, ne s'expriment et (ou) ne se réalisent qu'au travers de pratiques actives (exploitation) ou passives (contact) qui placent l'homme au centre du débat. Se focaliser sur les communautés aquatiques devrait s'inscrire dans ce contexte dans une double perspective : 1- contribuer à une meilleure perception des « bénéfiques » et des « risques » associés aux petits barrages, par une approche naturaliste de l'écologie des organismes aquatiques concernés ; 2- décrypter la structure des modèles écologiques mis en œuvre au sein d'écosystèmes artificiels par des communautés aquatiques natives ou importées.

Les zones humides, qui n'occupent que 6,4 % de la surface de la terre, seraient responsables de pratiquement le quart de la production primaire globale (WILLIAMS, 1990). Ces systèmes aquatiques, qui bénéficient d'apports allochtones des zones adjacentes, en métabolisent une grande partie sous forme végétale (PATTEN 1990, 1994), utilisable pour ses vertus épuratives (comme dans un lagunage) ou encore pour enrichir saisonnièrement des zones de pâturages extensifs. L'exploitation du bourgou (*Echinochloa stagnina*), pratique pastorale traditionnelle dans le delta intérieur du Niger, fut ainsi régulièrement observée à l'extrême-nord de la zone d'étude. Elle révèle un tout autre type de valorisation des écosystèmes par l'exploitation d'une communauté aquatique saisonnière qui s'est spontanément installée dans les réservoirs. Dans le même esprit, la collecte des bulbes de nénuphars à des fins alimentaires représente dans de nombreux réservoirs une activité activement pratiquée. Dans un cas comme dans l'autre, c'est bien la productivité naturelle des écosystèmes qui est valorisée par les hommes.

En dépit d'une production primaire le plus souvent généreuse (Arfi *et al.*, ce volume), le défaut de rendement des réseaux trophiques constitue néanmoins l'un des principaux points de convergence exprimés dans les contributions qui suivent.

L'absence de poissons insectivores ne permet pas le contrôle des très abondantes populations de diptères du genre *Chaoborus* qui se développent dans les lacs (Aka *et al.*, ce volume). En exerçant une très forte pression de prédation sur le zooplancton herbivore, les *Chaoborus* bloquent le transfert de la production primaire et exportent hors de l'écosystème, lors de l'envol des imagos, les importantes biomasses qu'ils ont eux-mêmes constituées. Dans le même temps, les biomasses primaires non consommées sédimentent et s'accumulent sur le fond des lacs où elles se dégradent.

L'absence de la niche trophique des herbivores-détritivores dans la plupart des communautés de poissons qui ont colonisé les retenues montre bien que tous les niveaux trophiques disponibles au sein des réservoirs ne sont pas exploités, ce qui nuit évidemment à la « rentabilité » de la productivité globale du système. Da Costa et De Morais (ce volume) évoquent les essais d'introduction de *Labeo* qui furent réalisées dans le sud-ouest du Burkina Faso sous l'égide de la GTZ et la Direction des Eaux et Forêts (BAILOT *et al.*, 1994). Concrètement, la réussite de ces essais, avec l'installation effective et durable des populations de *Labeo* dans les lacs où ils furent introduits, est cependant passée d'abord par un contrôle sévère des populations de prédateurs qui s'y trouvaient (François Ratjs, *comm. pers.*).

Cet exemple illustre le rôle structurant de la prédation, facteur régulateur dont l'importance dans de tels milieux est mise en exergue par Da Costa et De Morais.

Au demeurant, dans un cas comme dans l'autre, c'est bien la question du devenir de la production primaire pélagique qui est posée : comment gérer les impasses trophiques que les résultats exposés mettent en exergue ?

Les petits barrages représentent par ailleurs un habitat très favorable au développement des mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose urinaire (Cecchi *et al.*, ce volume). Toutes les conditions sont remplies partout et presque en permanence pour que se mettent en place les cycles parasitaires, dès lors que l'homme contamine les mollusques.

Dans le contexte du nord de la Côte d'Ivoire, mais cela est vrai pour de nombreuses autres régions, le contrôle de la pathologie ne peut prétendre s'appuyer que sur d'hypothétiques campagnes d'éradication des mollusques, tant les capacités de colonisation des milieux par les mollusques sont élevées, et tant leur probabilité de (re)contamination est, elle aussi, élevée. Contributeurs à la biodiversité associée aux petits barrages, les mollusques hôtes intermédiaires ne verront leur potentiel pathogène s'éroder que lorsque la situation sanitaire des hôtes terminaux – les hommes – aura été améliorée.

Les petits barrages sont des usines susceptibles de produire des ressources potentiellement abondantes et assurément utiles, poisson en premier lieu. La FAO, de longue date, s'est attaché du reste à mieux valoriser ce potentiel (FAO, 2004). Les obstacles ne sont pas que techniques, et l'ingénierie écologique dispose aujourd'hui d'outils permettant de valoriser mieux – voire de restaurer si nécessaire – les écosystèmes aquatiques, dans une perspective de durabilité. Il s'agit de bio-manipulations des écosystèmes, donc d'investissement et de gestion : des objectifs parfaitement clairs et explicites, et la volonté tout aussi claire et explicite de les atteindre, constituent toutefois un incontournable préalable.

Milieux productifs, objets de bio-manipulations, facteurs de production..., améliorer la productivité naturelle de ces sites, dont on verra qu'elle est loin d'être optimale, se traduirait en quelque sorte par une artificialisation encore accrue des écosystèmes.

L'expérience relatée de l'introduction du *Lates* dans le lac de Tiné, puis de sa quasi-disparition (Kouassi *et al.*, ce volume), éclaire très précisément certaines des limites prévisibles d'une éventuelle artificialisation des milieux dédiée exclusivement à la production piscicole. L'exigence du

gestionnaire de valoriser au mieux les stocks d'eau mis à disposition par le lac de retenue, pour l'intensification agricole et l'irrigation en l'occurrence, s'est ainsi traduite par un tarissement du réservoir, avec évidemment une réduction plus que drastique de l'essentiel de l'habitat des poissons en général et des *Lates* en particulier. Dans un tel contexte, seules la négociation, la concertation et la gestion intégrée permettraient de contenir les conflits d'usages et d'intérêts.

Quelques heures passées à proximité d'un petit barrage suffisent à en comprendre la réalité multi-usages. L'eau y est *de facto* utilisée à de multiples fins par les communautés riveraines : « eau domestique » pour l'alimentation, la cuisine, la vaisselle, la lessive, la toilette, etc., « eau productive » au travers de la pêche, de l'abreuvement du bétail, du maraîchage marchand, ou encore de la fabrication de briques en banco. La nécessité fait souvent force de loi, et, dans de nombreux cas, la juxtaposition d'usages apparemment contradictoires (voir VAN DER HOEK *et al.*, 2001) est à la mesure simultanément des opportunités associées aux petits barrages, mais aussi des carences en infrastructures, éducation, etc. qui caractérisent les conditions de vie des populations riveraines. La durabilité des systèmes d'exploitation multi-usages, tels qu'ils existent hors de tout encadrement véritable, ne devrait pas ainsi se raisonner à l'aune seule de l'amélioration des conditions de vie *actuelles*. Il s'agirait plutôt de profiler des stratégies d'exploitation harmonieuses et efficaces, concrètement traduites par des gains significatifs, marquées par l'appropriation voire la professionnalisation des acteurs concernés, tout en restant respectueuses des biens et services globalement associés aux écosystèmes. Une fois encore, décision politique et choix économiques sont à placer en amont des actions locales.

Enfin, pour revenir à l'innovation évoquée plus haut, il paraît utile de mettre en lumière un point qu'aucun des auteurs qui suivent n'a explicitement évoqué. Les petits barrages constituent *de facto* des îlots aquatiques, dans un espace uniformément sec et aride plus de six mois par an. La pérennisation de l'eau et des habitats qui lui sont associés représente de la sorte une opportunité évidente pour de nombreuses communautés (autochtones ou non, animales comme végétales, microscopiques ou de plus grande taille) inféodées au milieu aquatique et à ses limites.

Îlots aquatiques, îlots de biodiversité ? La question reste posée.

Oiseaux, odonates, micromammifères, batraciens, mousses et fougères pour n'en citer que des représentants emblématiques, fréquentent, exploitent ou colonisent les barrages, et en particulier leurs limites amont qui semblent correspondre à des écotones privilégiés (HOLLAND,

1988 ; NAIMAN et DESCAMPS, 1990). La diversité biologique élevée des espaces rivulaires est du reste attestée par de nombreux travaux (LEFEUVRE, 2000).

Les petits barrages peuvent jouer un rôle très important le long des corridors fluviaux : ils constituent des écotones entre écosystèmes aquatiques et terrestres ; ils assurent la connectivité de l'hydrosystème aval-amont (axe de colonisation et de recolonisation pour de nombreuses espèces végétales – macrophytes envahissants par exemple – et animales, poissons particulièrement). Ils contribuent ainsi à générer une juxtaposition de micro-habitats relativement pérennes, même si potentiellement soumis à d'importantes perturbations (voir Thomas *et al.*, ce volume), ce qui, dans le cas précis des communautés de poissons du fleuve Bandama, est un facteur déterminant de réalisation de la diversité spécifique (DE MERONA, 1981). Le réseau des petits barrages constitué à l'échelle du bassin du Bandama tout entier contribue ainsi de façon probablement importante à la « connectivité écologique » (FORMAN, 1995) du réseau hydrographique considéré dans son ensemble.

Dans le contexte d'un changement climatique désormais avéré, même si sa déclinaison n'est pas localement parfaitement précisée (i.e. intensité de la perturbation des cycles météorologiques et hydrologiques), on peut s'attendre à ce que les îlots aquatiques que représentent les petits barrages constituent autant de refuges relativement sécurisés par la présence durable de l'eau. Rien ne permet cependant aujourd'hui d'en évaluer l'impact et l'importance de ce point de vue.

Se pose une question de fond : l'éventuelle conservation des écosystèmes est-elle compatible avec l'intensification de leur exploitation ?

R é f é r e n c e s

- BAIJOT E., MOREAU J., BOUDA S., 1994 – *Aspects hydrobiologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano-sahélienne*. CTA/CCE, Bruxelles, 250 p.
- CECCHI P., 1998 – De la construction d'un objet pluridisciplinaire : les « Petits-Barrages » du Nord de la Côte d'Ivoire. *Natures Sciences Sociétés*, 6 (2) : 73-83.
- De MERONA B., 1981 – Zonation ichtyologique du bassin du Bandama (Côte d'Ivoire). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 14 (1) : 63-75.
- FAO, 2004 – *Expert consultation on small-scale fisheries management in sub-saharan Africa*. FAO, Rome, FAO Fisheries Report n° 701, 30 p.
- FORMAN R. T. T., 1995 – *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, 632 p.
- HOLLAND M. M., 1988 – SCOPE/MAB technical consultation on landscape boundaries: report of a SCOPE/MAB workshop on ecotones. *Biological International*, 17 (special issue) : 47-106.
- LEFEUVRE J.-C., 2000 – « Structure des habitats et biodiversité ». In FUSTEC E., LEFEUVRE J.-C. et coll. (éd.) : *Fonction et valeurs des zones humides*, Paris, Dunod : 183-210.
- NAIMAN R. J., DESCAMPS H. (eds.), 1990 – *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones*. Paris, MAB-Unesco vol. 4, The Parthenon Publishing Group, 316 p.
- PATTEN B. C. (ed.), 1990 – *Wetlands and shallow continental water bodies. Vol. 1, Natural and Human relationships*. The Hague, SPB Academic Publishing, 759 p.
- PATTEN B. C. (ed.), 1994 – *Wetlands and shallow continental water bodies. Vol. 2, Case studies*. The Hague, SPB Academic Publishing, 732 p.
- VAN DER HOEK W, KONRADSEN F., ENSINK J. H. J., MUDASSER M., JENSEN P. K., 2001 – Irrigation water as a source of drinking water: is safe use possible? *Tropical Medicine and International Health*, 6: 46-55.
- WILLIAMS M. (ed.), 1990 – *Wetlands. A threatened landscape*. Oxford, Basic Blackwell, 419 p.

Variations spatiales des communautés et de la biomasse du zooplancton dans 49 petits barrages

Maryse Aka
Marc Pagano
Lucien Saint-Jean
Robert Arfi
Marc Bouvy
Philippe Cecchi
Daniel Corbin
Serge Thomas

Les recherches sur la productivité planctonique des réservoirs visent à en améliorer la production piscicole (Mc QUEEN *et al.*, 1992). En Côte d'Ivoire, les petits barrages agropastoraux font l'objet d'une exploitation croissante et incontrôlée (IDESSA, 1992), mais jusqu'ici, les études étaient surtout focalisées sur les barrages hydroélectriques (YTE, 1982 ; N'DOUBA *et al.*, 1985 ; NOBA, 1998 ; OUATTARA, 1998). Notre travail, réalisé lors d'une vaste prospection spatiale conduite en avril 1997 sur un échantillon de 49 retenues dispersées autour de Korhogo (voir Arfi *et al.*, ce volume), s'attache à étudier les variations spatiales du zooplancton (composition taxinomique, structure, type fonctionnel), en relation avec les principaux facteurs écologiques.

Les données ont été recueillies du 1^{er} au 15 avril 1997 dans 49 réservoirs (voir fig. 1 et annexe 1). Les prélèvements ont été faits entre 7 h et 11 h en un seul point situé dans la zone réputée la plus profonde de la retenue, à proximité de la digue. Les facteurs environnementaux (profondeur, transparence, température, oxygène dissous, pH, conductivité, concentrations en matières en suspension et en chlorophylle) ont été déterminés selon un protocole détaillé dans ARFI *et al.* (2001). Le zooplancton a été collecté avec un filet cylindro-conique de 30 cm de diamètre d'ouverture, de 1 m de longueur et de 64 μ m de vide de mailles. Les échantillons ont été conservés au formol (5 %) avant leur dénombrement au laboratoire.

Introduction

Matériel et méthodes

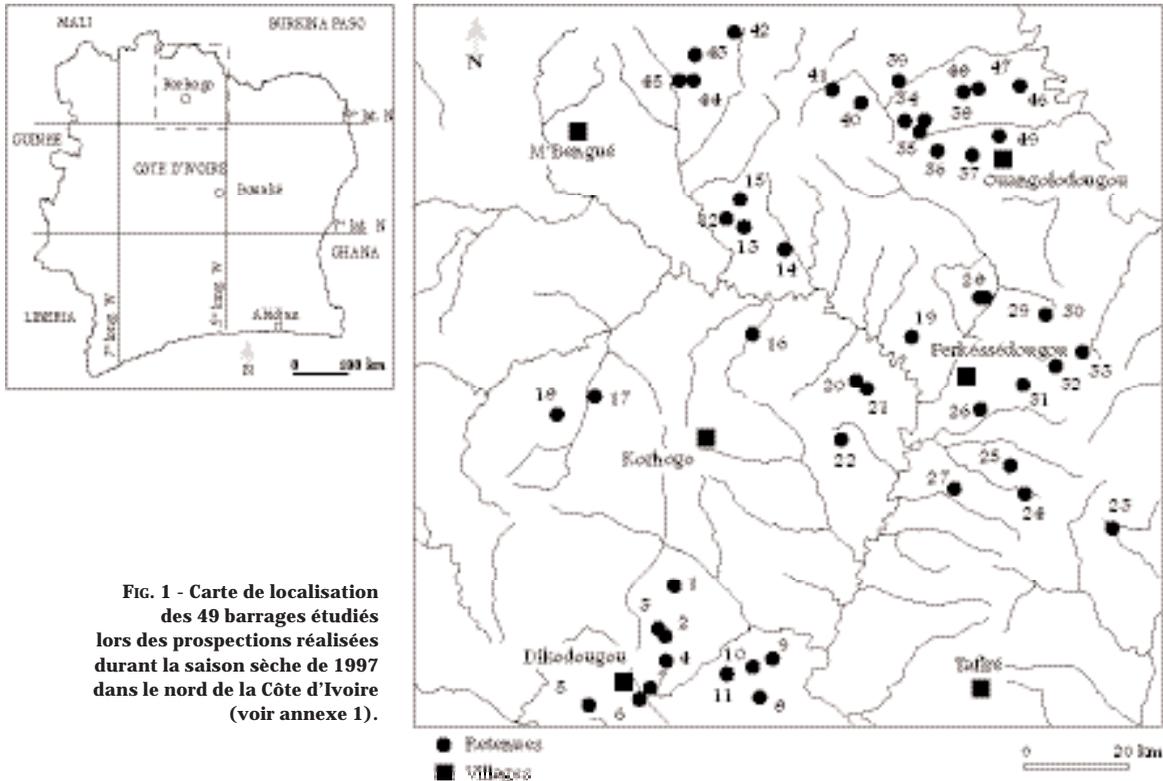


Fig. 1 - Carte de localisation des 49 barrages étudiés lors des prospections réalisées durant la saison sèche de 1997 dans le nord de la Côte d'Ivoire (voir annexe 1).

Résultats et discussion

Sur l'ensemble des barrages, 30 taxons ont été identifiés dont 20 rotifères, parmi lesquels 8 ont une occurrence supérieure à 60 % avec une abondance et une biomasse moyenne élevées (tabl. I).

Parmi les crustacés, les Copépodes regroupent 3 genres, *Thermocyclops*, *Mesocyclops* et *Tropodiptomus* ; les Cladocères sont représentés par 6 taxons, dont le principal est *Moina micrura*. Ces différents taxons se rencontrent également dans d'autres milieux limniques de Côte d'Ivoire, notamment les barrages hydroélectriques d'Ayamé et de Buyo.

La richesse taxinomique des petits barrages (12 à 22 taxons) est inférieure à celle des barrages d'Ayamé (46 taxons ; Yté, 1982) et de Buyo (49 taxons ; Yté *et al.*, 1996). Cela découle sans doute en partie d'un effort d'échantillonnage plus faible, mais aussi probablement de la plus faible superficie des petits barrages (en moyenne 3 ha, contre 92 000 et 9 320 ha pour les barrages de Buyo et d'Ayamé respectivement).

	Occurrence	Effectifs (nombre d'individus l ⁻¹)				Biomasse		
	(%)	Moy.	min	max.	Cv (%)	Moy.	min.	max.
ROTIFÈRES								
<i>Hexarthra</i> sp.	57	35,0	0,0	301,8	217	0,35	0,00	3,0
<i>Philodina</i> sp.	41	2,7	0,0	22,2	187	0,12	0,00	1,0
<i>Lecane</i> sp.	29	2,8	0,0	43,7	272	0,03	0,00	0,4
<i>Epiphanes</i> sp.	47	34,1	0,0	427,0	273	1,23	0,00	15,4
<i>Brachionus calyciflorus</i>	78	55,4	0,0	554,8	216	12,02	0,00	121,7
<i>B. falcatus</i>	96	103,8	0,0	943,1	171	6,54	0,00	59,4
<i>B. angularis</i>	80	626,4	0,0	8774,1	249	9,40	0,00	131,6
<i>B. caudatus</i>	94	302,9	0,0	3210,5	184	15,75	0,00	166,9
<i>B. plicatilis</i>	6	0,1	0,0	1,2	413	0,01	0,00	0,2
<i>Platyias platulus</i>	8	0,9	0,0	23,1	410	0,12	0,00	3,0
<i>Polyarthra</i> sp.	53	38,0	0,0	808,4	352	1,10	0,00	23,4
<i>Keratella</i> sp.	80	120,3	0,0	838,7	181	2,53	0,00	17,6
<i>Filinia</i> sp.	98	264,7	0,0	5706,5	310	3,71	0,00	79,9
<i>Trichocerca</i> sp.	69	22,9	0,0	482,3	318	1,03	0,00	21,7
<i>Asplanchna</i> sp.	88	33,7	0,0	278,2	157	37,25	0,00	307,7
<i>Conochiloides</i> sp.	47	11,7	0,0	70,7	175	0,11	0,00	0,6
<i>Euchlanis</i> sp.	2	0,2	0,0	8,3	700	0,02	0,00	0,8
<i>Cephalodella</i> sp.	4	0,1	0,0	3,8	562	0,01	0,00	0,4
<i>Mytilina</i> sp.	2	0,1	0,0	5,1	700	0,01	0,00	0,5
<i>Scardium</i> sp.	4	0,0	0,0	0,2	631	0,00	0,00	0,02
Autres Rotifères	27	3,3	0,0	84,9	393	0,33	0,00	8,5
COPÉPODES								
<i>Nauplii</i>	100	482,1	2,9	2074,9	85	38,57	0,24	166
<i>Thermocyclops</i> spp.	100	253,4	1,3	1044,0	80	101,37	0,52	417,6
<i>Mesocyclops oregonus</i>	78	4,8	0,0	42,4	185	4,78	0,00	42,4
<i>Tropodiaptomus</i> sp.	45	3,8	0,0	69,9	315	3,84	0,00	69,9
CLADOCÈRES								
<i>Diaphanosoma excisum</i>	86	14,7	0,0	244,0	262	11,04	0,00	183,0
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	63	10,5	0,0	277,4	385	2,72	0,00	72,1
<i>Ceriodaphnia affinis</i>	4	0,0	0,0	0,8	536	0,02	0,00	0,8
<i>Moina micrura</i>	100	75,8	0,2	878,8	227	62,19	0,17	720,6
Chydoridés	10	0,0	0,0	1,3	426	0,01	0,00	0,3
Macrothricidés	14	0,0	0,0	0,5	486	0,00	0,00	0,1
Larves de <i>Chaoborus</i> sp.	80	1,3	0,0	14,1	197	1,28	0,00	14,2
						(¹) 25,90	(¹) 0,15	(¹) 224,9

¹ Les biomasses ont été corrigées pour les larves de *Chaoborus* de sorte à tenir compte des variations nyctémérales d'abondance en zone pélagique (AKA, 2003).

Tabl. I - Occurrence, effectifs et biomasses des différents taxons.

Les indices de diversité de Shannon (0,64 à 3,11 ; moyenne = 2,2) sont intermédiaires dans l'échelle des valeurs citées par FRONTIER et PICHOD-VIALE (1991). La régularité (0,17 à 0,75 ; moyenne = 0,54) ainsi que l'allure convexe des diagrammes rangs–fréquences moyens traduisent, selon ces mêmes auteurs, des communautés assez bien équilibrées. L'abondance du zooplancton est très variable et en moyenne forte, comparativement à d'autres milieux limniques tempérés et tropicaux. En termes de biomasse, ce sont les Copépodes du genre *Thermocyclops* qui dominent.

Il ne se dégage aucune conclusion évidente concernant le contrôle qu'exerceraient les facteurs environnementaux sur la biomasse. En effet, les analyses de corrélation entre les biomasses des taxons ou du zooplancton total et les facteurs environnementaux sont assez peu probantes. Par ailleurs, une analyse de régression multiple ne prenant en compte que les principaux facteurs donne un modèle empirique qui sélectionne 4 variables (profondeur, transparence, oxygène et chlorophylle) mais qui n'explique que 41 % de la variance.

Il n'a pas été possible d'établir clairement une typologie des lacs sur la base de communautés zooplanctoniques associées à des facteurs environnementaux. La distribution des variables montre que tous les barrages se retrouvent dans un même groupe plus ou moins homogène à l'exception de quelques valeurs extrêmes. Une analyse de co-inertie (THIOULOUSE *et al.*, 1997) a permis cependant de distinguer 4 groupes inégaux de taxons et de les associer à des groupes de barrages et à des conditions environnementales essentiellement trophiques (tabl. II).

Cette classification est relativement cohérente par rapport à celle réalisée par ARFI *et al.* (2001) sur le même échantillon à partir de critères d'hydrochimie et de productivité primaire. Cependant, la majorité des barrages (28 sur 49) se retrouve dans un groupe qui, de part sa position centrale sur l'axe 1 de l'analyse, est faiblement corrélé à celui-ci. En outre, dans les trois autres groupes, le degré d'association faune–milieu ne semble être correct que dans 11 cas sur 19. La relative homogénéité des lacs peut s'expliquer par le fait que l'échantillonnage était insuffisant qualitativement ou quantitativement. Mais elle peut tout aussi bien résulter de la petite taille et de l'homogénéité climatique et géomorphologique de la zone d'étude, de la faible diversité des types d'usages auxquels les retenues sont soumises, et de conditions thermiques et trophiques favorables et donc peu sélectives et peu structurantes.

La mise en rapport des biomasses des différents niveaux trophiques relevés dans les communautés zooplanctoniques produit une pyramide largement déséquilibrée (fig. 2 a). Le rapport carnivores/herbivores (moyenne 28 %)

Taxons	Type de milieu	N° barrages ⁽¹⁾
<i>C. cornuta</i>	Faible richesse trophique, faible turbidité	16, 33
<i>D. excisum</i> , <i>Mesocyclops</i> , <i>Keratella</i>	Milieus eutrophes	13, 17, 19, 35, 46, 48
<i>Thermocyclops</i> , <i>B. caudatus</i> , <i>B. falcatus</i> , <i>Trichocerca</i>	Milieus intermédiaires (faible corrélation avec l'axe 1)	1, 2, 7, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 32, 34, 36, 37, 38, 41, 44, 42, 43, 45, 47, 49
<i>M. micrura</i> , <i>Asplanchna</i> , <i>B. calyciflorus</i> , <i>B. angularis</i> , <i>Filinia</i>	Milieus hyper-eutrophes, forte turbidité, faible profondeur	3, 4, 5, 6, 11, 28, 29, 30, 31, 39, 40

(1) Les barrages n° 9 et 14 n'ont pas été pris en compte.

Tabl. II - Regroupement des taxons et des barrages en association avec des types de milieux déterminés d'après les résultats de l'analyse de co-inertie.

Les barrages en caractères gras sont ceux où l'association faune-milieu est correcte (faible distance dans le plan factoriel).

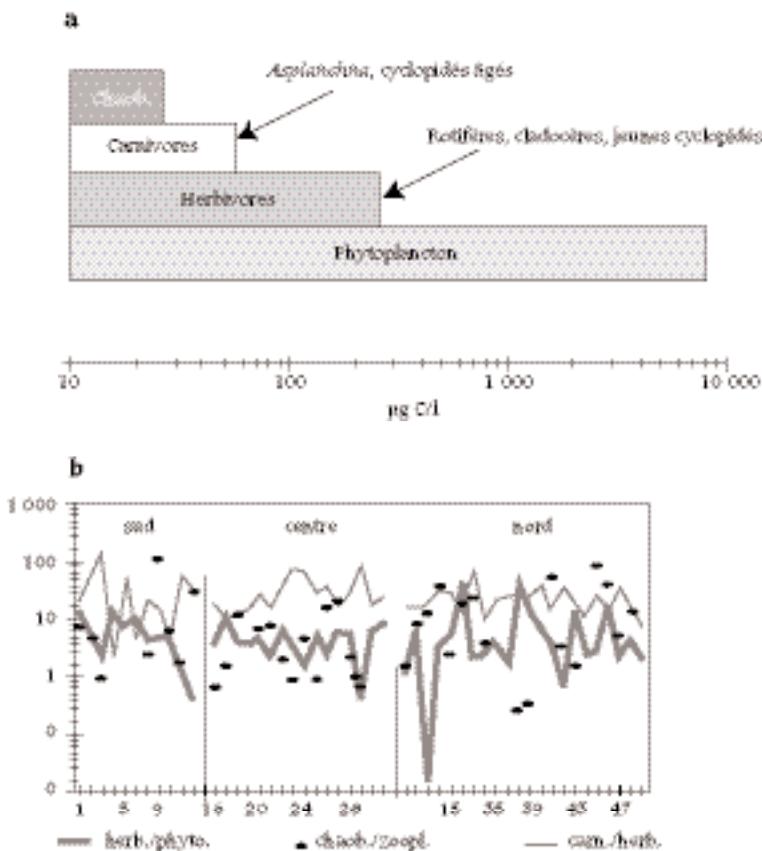


Fig. 2 - Pyramide trophique moyenne (2 a) et rapports entre les échelons trophiques dans les différents lacs (2 b).

est dans presque tous les cas très supérieur au rapport herbivores/phytoplancton (fig. 2 b) dont la faiblesse (6 %) traduit un mauvais rendement du système.

Ce dysfonctionnement s'accroît avec le degré d'eutrophisation, comme l'illustre la relation inverse liant le rapport herbivores/phytoplancton et la biomasse du phytoplancton ($r = -0,64$; non figuré). Cette situation s'expliquerait par la conjugaison d'une forte production primaire (ARFI *et al.*, 2001) et d'une pression de broutage relativement faible due à la faible abondance relative du zooplancton, ainsi qu'à la sélection qu'opèrent les brouteurs parmi les particules disponibles. La faible abondance relative du zooplancton herbivore s'expliquerait quant à elle en partie par la forte pression de prédation qu'exercent les larves de *Chaoborus* sp., très abondantes dans ces milieux (AKA *et al.*, 2000).

Les larves de *Chaoborus* présenteraient ainsi un double désavantage pour l'écosystème : (1) en diminuant l'efficacité du transfert de la production primaire (impact sur la biomasse des herbivores) ; (2) en exportant de la biomasse hors des systèmes aquatiques lors de l'émergence des imagos. Il reste donc à évaluer l'importance de ces inconvénients pour le système, en déterminant la pression de prédation que ces larves exercent sur le zooplancton et celle qu'elles subissent potentiellement de la part des poissons insectivores éventuellement présents dans ces réservoirs (e. g. *Synodontis*, *Chrysichtys*, etc.).

R é f é r e n c e s

- AKA M., 2003 – *Zooplankton des petits lacs de barrage du Nord et du Centre de la Côte d'Ivoire : communautés, biomasses, relations trophiques et impact de la prédation par les larves de Chaoborus et des poissons*. Thèse de doctorat, univ. de Cocody, 268 p + annexes.
- AKA M., PAGANO M., SAINT-JEAN L., ARFI R., BOUVY M., CECCHI P., CORBIN D., THOMAS S., 2000 – Zooplankton variability in 49 shallow tropical reservoirs of Ivory Coast (West Africa). *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 4 : 491-504.
- ARFI R., BOUVY M., CECCHI P., PAGANO M., THOMAS S., 2001 – Factors limiting phytoplankton productivity in 49 shallow reservoirs of North Côte d'Ivoire (West Africa). *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 4(2) : 123-138.
- FRONTIER S., PICHOD-VIALE D., 1991 – *Écosystèmes : structure - fonctionnement - évolution*. Paris, Masson, 392 p.
- IDESSA, 1992 – *Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du Nord de la Côte d'Ivoire. Rapport préliminaire. Projet « Petits Barrages »*. CI/CRDI, CNRA Bouaké, Côte d'Ivoire, 181 p.
- MC QUEEN D. J., MILLS E. L., FORNEY J.-L., JOHANNES M. R. S., POST J. R., 1992 – Trophic Level Relationships in Pelagic Food Webs. Comparisons Derived from Long-Term Data Sets for Oneida Lake, New-York (USA), and Lake St George, Ontario (Canada). *Can. J. Fish. and aquatic Sci.*, 49 : 1588-1596.
- N'DOUBA V., KOUASSI N., YTÉ W. A., 1985 – Structure de population et croissance de *Thermodiaptomus yabensis* (Copépode, Diaptomide) des étangs de l'Institut des Savanes de Bouaké (Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Nationale C.I.*, Série E, tome XVIII : 25-40.
- NOBA C., 1998 – *Distribution verticale des peuplements zooplanctoniques dans un lac de barrage ouest africain : lac Ayamé 1, Côte d'Ivoire*. Mémoire de DEA, univ. de Cocody, 165 p.
- OUATTARA N. I., 1998 – *Impact de la construction d'un barrage sur le peuplement zooplanctonique de la rivière Bia (Côte d'Ivoire)*. Mémoire de DEA, univ. de Cocody, 49 p.
- THIOULOUSE J., CHESSEL D., DOLÉDEC S., OLIVIER J.-L., 1997 – ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*, 7 : 75-83.
- YTÉ W. A., 1982 – *Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire)*. Thèse doct. 3^e cycle, Univ. Nationale de Côte d'Ivoire, 121 p.
- YTÉ W. A., KOUASSI N. C., YORO S., 1996 – Peuplement zooplanctonique du lac de Buyo (Côte d'Ivoire) : liste faunistique et distribution. *Agronomie Africaine*, 8 : 143-152.

Annexe

Localisation des 49 réservoirs étudiés

Numéro	Site	Latitude N	Longitude W
1	Guiembé	09° 13' 34"	05° 42' 53"
2	Kaprémé 2	09° 08' 58"	05° 44' 27"
3	Kaprémé 1	09° 08' 57"	05° 44' 20"
4	Nerkéné	09° 05' 58"	05° 43' 53"
5	Bana	09° 01' 18"	05° 52' 01"
6	Poundia	09° 02' 9"	05° 46' 53"
7	Dikodougou	09° 02' 49"	05° 45' 58"
8	Kiemou	09° 02' 20"	05° 34' 08"
9	Koko Comité	09° 06' 17"	05° 32' 57"
10	Koko Kiémou	09° 05' 17"	05° 34' 58"
11	Dalengbo	09° 04' 39"	05° 37' 39"
12	Korokara Sud	09° 52' 40"	05° 38' 07"
13	Korokara Serpent	09° 51' 46"	05° 36' 11"
14	Korokara Palmier	09° 54' 29"	05° 37' 36"
15	Korokara Termitière	09° 54' 47"	05° 36' 40"
16	Kawavogo	09° 40' 59"	05° 35' 08"
17	Katégué	09° 34' 11"	05° 51' 44"
18	Wangari Tangafla	09° 32' 34"	05° 55' 39"
19	Tiegbé	09° 40' 37"	05° 18' 01"
20	Sinématiali nouveau	09° 35' 41"	05° 24' 00"
21	Sinématiali Sodéci	09° 34' 49"	05° 23' 08"
22	Peguékaha	09° 29' 21"	05° 25' 26"
23	Yedjandékaha	09° 20' 16"	04° 57' 17"
24	Sambakaha	09° 24' 09"	05° 06' 21"
25	Gboyo	09° 26' 32"	05° 07' 55"
26	Korobélékaha	09° 32' 30"	05° 11' 15"
27	Kouna Sodepra	09° 24' 27"	05° 13' 53"
28	Bakarivogo	09° 44' 17"	05° 10' 33"
29	Nambonkaha	09° 44' 00"	05° 09' 34"
30	Ouorosantiakaha	09° 42' 56"	05° 03' 53"

Numéro	Site	Latitude N	Longitude W
31	Lassologo	09° 35' 18"	05° 06' 48"
32	Yarabélé	09° 37' 8"	05° 02' 46"
33	Mamourou	09° 38' 58"	05° 00' 11"
34	Nambengué	10° 03' 12"	05° 18' 57"
35	Plohoulou	10° 01' 53"	05° 16' 58"
36	Diaratiévogo	09° 59' 59"	05° 15' 15"
37	Tordla	09° 59' 18"	05° 10' 41"
38	Foungolovogo	10° 03' 21"	05° 16' 39"
39	Dabavogo	10° 07' 05"	05° 19' 38"
40	Tiaplé	09° 05' 19"	05° 23' 29"
41	Diawala	10° 06' 38"	05° 26' 55"
42	Niéllé	10° 12' 33"	05° 37' 14"
43	Kapée	10° 10' 16"	05° 41' 04"
44	Fouvevogo	10° 07' 23"	05° 41' 23"
45	Kassongo-Koro	10° 07' 50"	05° 42' 49"
46	Nambiadougou	10° 06' 55"	05° 07' 06"
47	Zanaplédougou	10° 06' 29"	05° 11' 02"
48	Kaouara nouveau	10° 06' 20"	05° 12' 43"
49	Sokourani	10° 01' 23"	05° 08' 50"

Structures trophiques des peuplements de poissons dans les petits barrages

Sebastino Da Costa

Luis Tito De Morais

Les petits barrages représentent une part importante des ressources en eau pérennes du nord de la Côte d'Ivoire. Ils correspondent à ce titre à un outil important pour l'aménagement du territoire ivoirien. Sur le plan halieutique, ces retenues constituent une source non négligeable de production de poissons (entre 7,0 et 22,4 t km⁻² an⁻¹, DA COSTA *et al.*, 1998). Au regard des normes indiquées par la FAO pour les petits barrages, entre 10 et 75 t km⁻² an⁻¹ (PALM, 1989), cette production de pêche pourrait être accrue. Cependant, toute mesure d'aménagements halieutiques dans ce sens nécessite une connaissance préalable de la diversité fonctionnelle de ces plans d'eau, en termes de régime hydrologique et limnologique, de diversité biologique et trophique.

La présente étude a pour objectif de caractériser les peuplements de poissons et les réseaux trophiques des petits barrages. Une typologie des retenues basée sur les structures trophiques identifiées, la diversité trophique et la régularité du partage des individus entre les espèces des peuplements de poissons observés (*sensu* FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1998) est proposée.

Une base de données relative aux peuplements de poissons des petits barrages a été constituée à partir de l'ensemble des données recueillies (1) lors de nos pêches expérimentales (cf. Tito de Morais *et al.*, ce volume), (2) par celles réalisées dans le cadre du projet Petits Barrages Idessa/CRDI, (IDESSA, 1992), ou (3) provenant d'autres sources (NUGENT, 1997 ; K. Traoré, *comm. pers.*). Les sites concernés sont indiqués sur la figure 1 (voir annexe).

Introduction

Matériel et méthodes

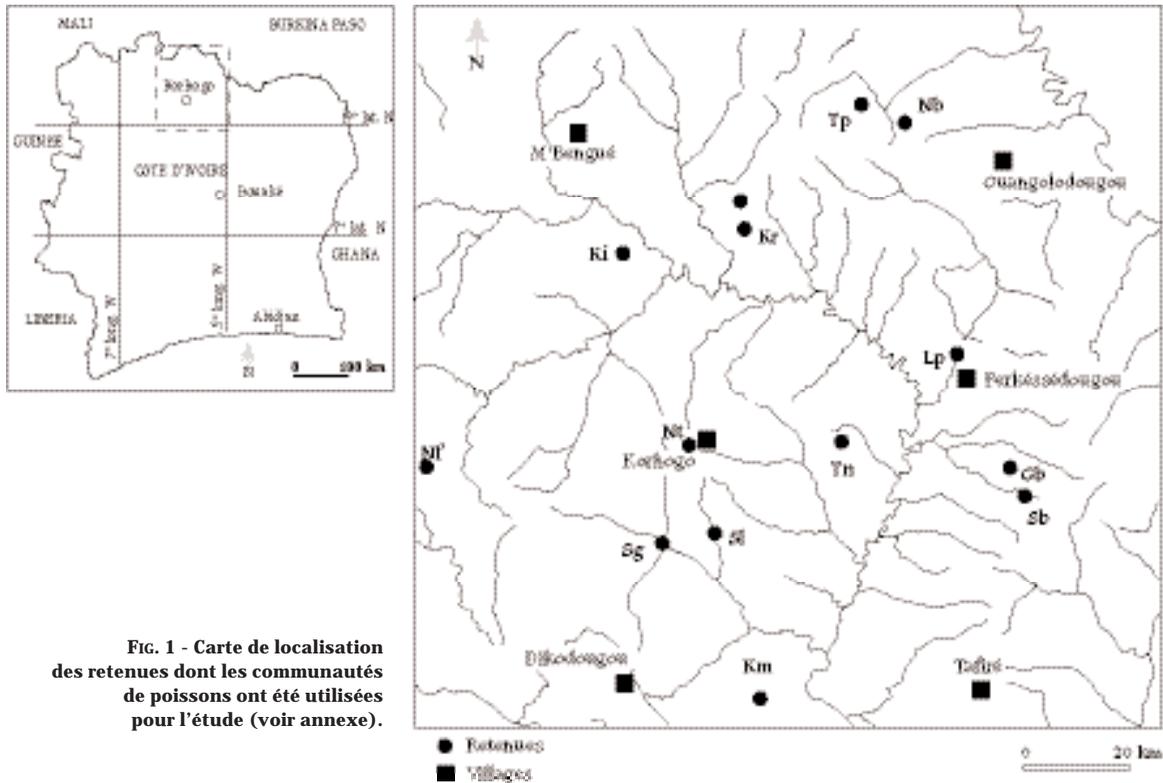


FIG. 1 - Carte de localisation des retenues dont les communautés de poissons ont été utilisées pour l'étude (voir annexe).

Une base de données a été constituée sous Excel à partir de l'ensemble des données recueillies (1) lors de nos pêches expérimentales et (2) à partir des références bibliographiques relatives aux régimes alimentaires des espèces recensées (Balon *in* WELCOMME, 1985 ; LAUZANNE, 1988 ; WELCOMME et DE MERONA, 1988 ; HUGUENY, 1989 ; SKELTON, 1993 ; LÉVÉQUE et PAUGY, 1999).

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel ADE-4 (THIOULOUSE *et al.*, 1995). La matrice des présences/absences des classes trophiques (en colonnes) par stations (correspondant aux barrages étudiés ; en lignes) a été soumise à une analyse en composantes principales centrée. Cette première approche a permis de mettre en évidence les structures clés qui caractérisent les types d'organisations trophiques rencontrées dans les barrages étudiés. L'aide à l'interprétation des ACP a été faite par groupement des stations en fonction de leur distance euclidienne dans l'espace factoriel 1 à 4 et de leur classification hiérarchique selon l'algorithme de Ward. Des diagrammes rangs – fréquences des espèces par barrage ont été réalisés pour évaluer la diversité trophique et la régularité des peuplements dans les retenues.

Résultats et discussion

Les peuplements ichthyologiques des petits barrages étudiés sont caractérisés par une richesse spécifique variée, qui fluctue entre 18 et 37 espèces. Il n'y a pas de relation significative entre cette richesse et la taille des réservoirs. Cette faune diverse est représentée par les familles suivantes (taxinomie selon LEVEQUE *et al.*, 2003) : Anabantidae, Bagridae, Centropomidae, Alestidae, Cichlidae, Clariidae, Clupeidae, Cyprinidae, Hepsetidae, Mochokidae, Mormyridae, Osteoglossidae, Polypteridae, Protopteridae et Schilbeidae.

La classification des différentes espèces de poissons en fonction du régime alimentaire fait ressortir trois groupes trophiques : herbivores, omnivores et prédateurs.

Les **herbivores** se répartissent en deux sous-groupes :

- les herbivores-détritivores (brouteurs), qui réunissent des espèces telles que *Labeo coubie*, *L. parvus* et *L. senegalensis* ;
- les espèces herbivores-phytoplanctonophages (herbivores à tendance phytoplanctonophage) dont les tilapias *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus*.

Capture de tilapias (filets maillants) de la retenue de Katiali. Le tilapia *Oreochromis niloticus* n'appartient pas à l'ichtyofaune naturelle du bassin du Bandama mais a été introduit dans la plupart des plans d'eau artificiels du pays. Les fortes compétitions imposées par les espèces de tilapias natives (*Sarotherodon galilaeus* et *Tilapia zillii*) menacent cette espèce.



Les **omnivores** se répartissent en quatre sous-groupes :

- les omnivores-généralistes (*Brycinus macrolepidotus*, *Clarias anguillaris*, *C. gariepinus*, *Heterobranchus longifilis*, *H. isopterus* et *Tilapia zillii*) ;
- les omnivores à prédominance zooplanctonophage ou omnivores-zooplanctonophages (*Alestes baremoze*, *Barbus ablabes*, *B. macrops*, *B. trispilos*, *Brycinus imberi*, *B. leuciscus*, *B. longipinnis* et *B. nurse*) ;
- les omnivores à prédominance insectivore ou omnivores-insectivores (*Pellonula leonensis*, *Schilbe intermedius* et *S. mandibularis*) ;
- les omnivores-benthophages (*Heterotis niloticus*, *Synodontis schall* et *S. bastiani*).

Les **prédateurs** se répartissent dans cinq sous-groupes :

- les prédateurs1-microphages, qui regroupent les prédateurs de premier niveau généralistes (crustacés, insectes, etc.) ; les espèces appartenant à ce groupe sont *Chromidotilapia guntheri*, *Ctenopoma kingsleyae*, *Petrocephalus bovei*, *P. pellegrini*, *Protopterus annectens* et *Raiamas senegalensis* ;
- les prédateurs1-benthophages, qui regroupent les prédateurs de premier niveau à prédominance benthophage ; ce sont *Marcusenius furcidens*, *M. senegalensis*, *M. ussheri*, *Mormyrus hasselquistii*, *M. rume* et *Papyrocranus afer* ;
- les prédateurs1-insectivores, qui regroupent les prédateurs de premier niveau à prédominance insectivore représentés par *Auchenoglanis occidentalis*, *Chrysichthys maurus* et *C. nigrodigitatus* ;
- les prédateurs2-généralistes, qui regroupent les prédateurs de deuxième niveau généralistes (poissons et autres) ; ce sont *Hemichromis fasciatus*, *H. bimaculatus*, *Malapterurus electricus*, *Mormyrops anguilloides* et *Polypterus endlicheri* ;
- les prédateurs2-piscivores, qui regroupent les prédateurs de deuxième niveau à prédominance piscivore représentés par *Lates niloticus* et *Hepsetus odoe*.

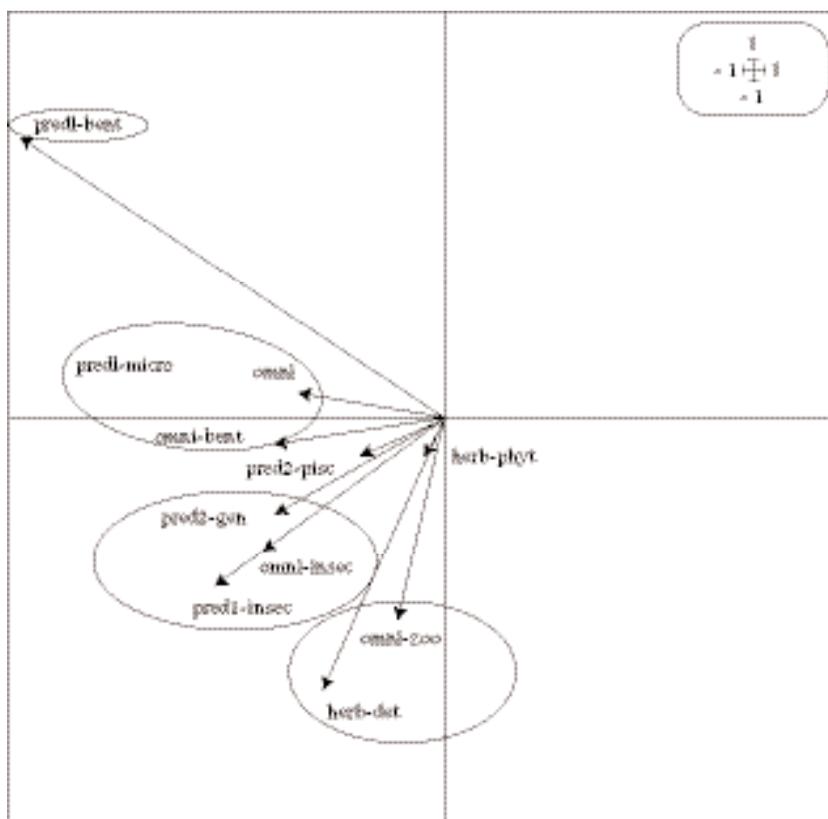
L'analyse en composantes principales de la matrice des présences/absences des classes trophiques par réservoir permet de faire ressortir les principaux types d'organisations trophiques observés dans les petites et moyennes retenues (fig. 2).

L'axe 1 correspond à un axe de richesse spécifique et donc aussi au nombre de classes trophiques présentes.

L'axe 2 représente un axe de dominance :

- de détritivores et de zooplanctonophages vers les valeurs négatives ;
- de prédateurs aux valeurs intermédiaires ;
- de benthophages aux valeurs positives.

Fig. 2 - Analyse en composantes principales de la matrice des présences/absences des classes trophiques par réservoir. Axes factoriels 1 et 2. Les ellipses délimitent les associations trophiques identifiées.



En fonction des regroupements observés, quatre types d'associations trophiques sont distingués :

- structure 1 : les prédateurs1-benthophages, seul groupe trophique prédominant ;
- structure 2 : les omnivores-généralistes, les omnivores-benthophages et des prédateurs1-microphages ;
- structure 3 : les prédateurs1-insectivores, les prédateurs2-généralistes et les omnivores-insectivores ;
- structure 4 : les herbivores-détritivores et les omnivores-zooplanctonophages.

Les prédateurs2-piscivores et à moindre échelle les herbivores-phytoplanctonophages ne sont pas déterminants dans la différenciation des structures trophiques des petits barrages. Ils apparaissent de façon indifférenciée dans ces retenues (herbivores-phytoplanctonophages) ou, à l'inverse, ne sont présents, comme *Lates niloticus*, que dans le seul site où cette espèce a été introduite.

Il a été réalisé un dendrogramme sur les scores des stations dans les axes 1 à 4 de l'ACP (distance euclidienne, agrégation par méthode de Ward) (fig. 3) et des histogrammes de fréquence des classes trophiques des peuplements de poissons dans chaque retenue (fig. 4).

Dans tous les cas, les omnivores-zooplanctonophages dominent le peuplement, ce qui est habituel dans ce type de milieux. En revanche, les herbivores-détritivores sont, à l'exception de Solomougou et Lokpoho, très peu représentés, ce qui peut traduire une mauvaise utilisation de l'énergie « stockée » dans le sédiment.

Le premier groupement comprend deux lacs : Lokpoho et Solomougou. Il s'agit de retenues profondes et de grande superficie, possédant des peuplements de poissons diversifiés et où chaque classe est représentée dans le spectre trophique par un nombre d'espèces supérieur à celui observé ailleurs.

Le deuxième groupement comprend Sambakaha, Gboyo et Katiali. Les deux premiers barrages sont très proches et ont des caractéristiques générales similaires. Leurs structures trophiques apparaissent également semblables. Elles sont marquées par un spectre relativement homogène, avec cependant absence d'herbivores-détritivores et peu de prédateurs2-piscivores. Les deux modes concernent les omnivores et les omnivores-zooplanctonophages, d'une part, et les prédateurs1-microphages et prédateurs1-benthophages, d'autre part.

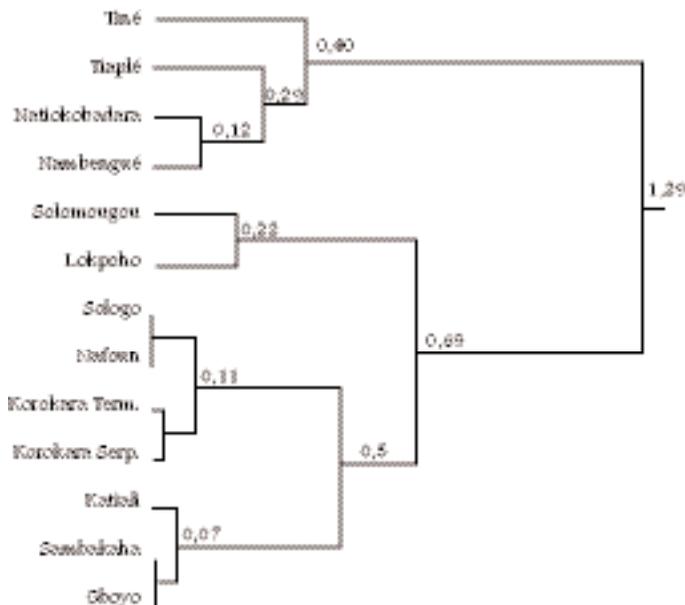


FIG. 3 - Dendrogramme réalisé à partir des scores des stations sur les plans factoriels 1 à 4 de l'ACP sur la matrice des présences/absences des classes trophiques par barrage. Les regroupements permettent de définir 4 associations de retenues en fonction des structures trophiques observées.

Le troisième groupe est composé de 4 retenues aux surfaces très inégales : Korokara Serpent et Korokara Termitière, qui sont de petites retenues pastorales, et Nafoun et Sologo, qui sont de grands réservoirs agricoles. Le spectre trophique des peuplements de poissons y est plus irrégulier qu'ailleurs. Il est également bimodal, avec une prédominance d'omnivores-zooplanctonophages, le deuxième mode correspondant aux prédateurs1-microphages.

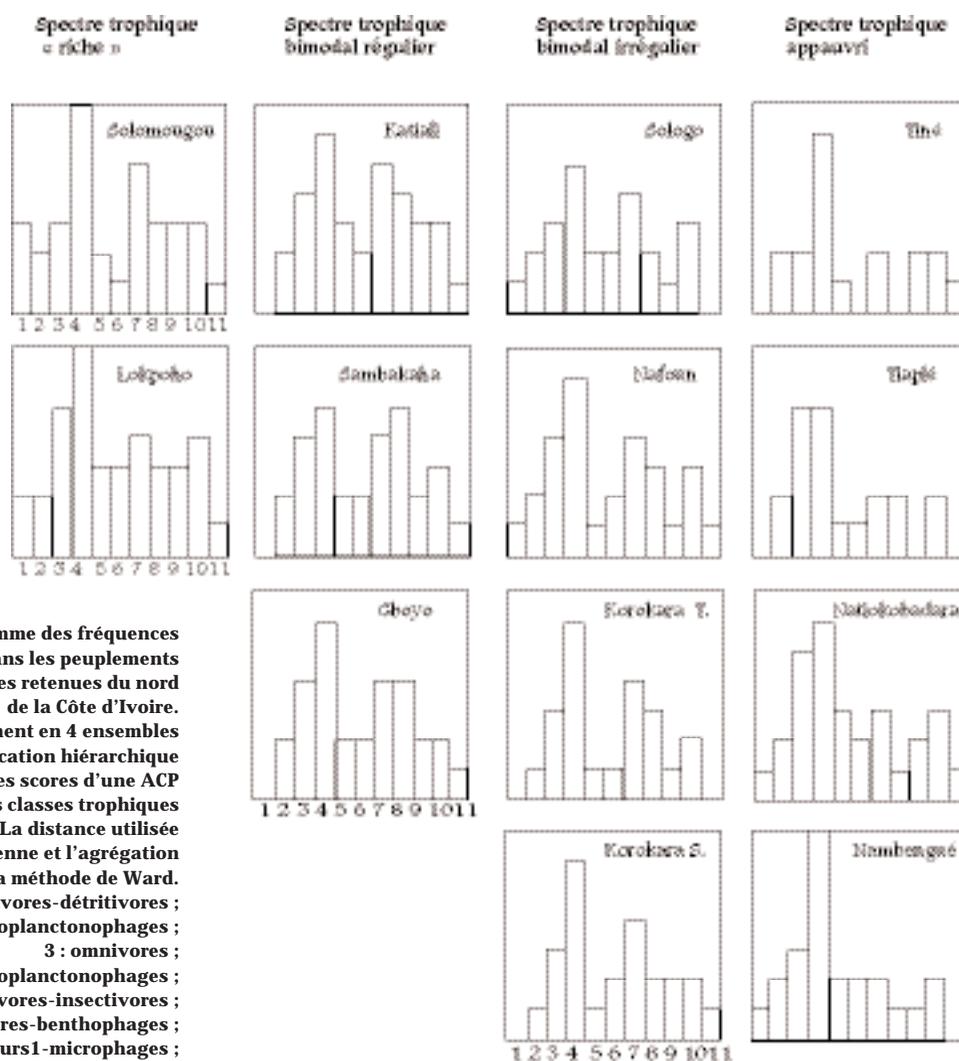


FIG. 4 - Histogramme des fréquences des classes trophiques dans les peuplements de poissons des retenues du nord de la Côte d'Ivoire.

Le regroupement en 4 ensembles provient d'une classification hiérarchique ascendante sur les scores d'une ACP sur les fréquences des classes trophiques par station (barrage). La distance utilisée est la distance euclidienne et l'agrégation faite selon la méthode de Ward.

- 1 : herbivores-détritivores ;
- 2 : herbivores-phytoplanctonophages ;
- 3 : omnivores ;
- 4 : omnivores-zooplanctonophages ;
- 5 : omnivores-insectivores ;
- 6 : omnivores-benthophages ;
- 7 : prédateurs1-microphages ;
- 8 : prédateurs1-benthophages ;
- 9 : prédateurs1-insectivores ;
- 10 : prédateurs2-généralistes ;
- 11 : prédateurs2-piscivores.

Le quatrième et dernier groupe comprend quatre retenues : Natiokobadara, Nambengué, Tiaplé et Tiné. Leurs peuplements de poissons ont une structure trophique simplifiée, notamment pour les deux dernières retenues. À l'exception des omnivores-zooplanctonophages, les autres classes trophiques ne sont souvent que peu ou pas représentées.

Les six barrages qui ont fait l'objet de l'étude en 1997 et 1998 (cf. Tito de Morais *et al.*, ce volume) se répartissent inégalement dans les catégories énumérées (fig. 4) :

- Gboyo, Sambakaha et Katiali se retrouvent dans le groupe 2 ;
- Korokara Termitière dans le groupe 3 ;
- Tiaplé et Nambengué dans le groupe 4.

Aucun de ces six réservoirs n'étant dans le groupe 1, seules les structures trophiques des peuplements de poissons des retenues issues des trois derniers regroupements seront détaillées.

La régularité des peuplements de poissons dans chacune des six retenues a été évaluée. Les diagrammes rangs–fréquences obtenus sont de deux types : la courbe de distribution des espèces présente une allure convexe dans le premier cas (fig. 5 A), et une allure en palier dans le deuxième cas (fig. 5 B). Ces représentations sont respectivement typiques des réservoirs de Gboyo, Katiali et Sambakaha pour le premier groupe, Korokara Termitière, Nambengué et Tiaplé pour le deuxième groupe.

Les diagrammes de type convexe correspondent à une diversité et une régularité élevées : les barrages se caractérisent par la présence d'un nombre important d'espèces de moyenne abondance, sans espèce fortement dominante, mais avec un contingent d'espèces rares.

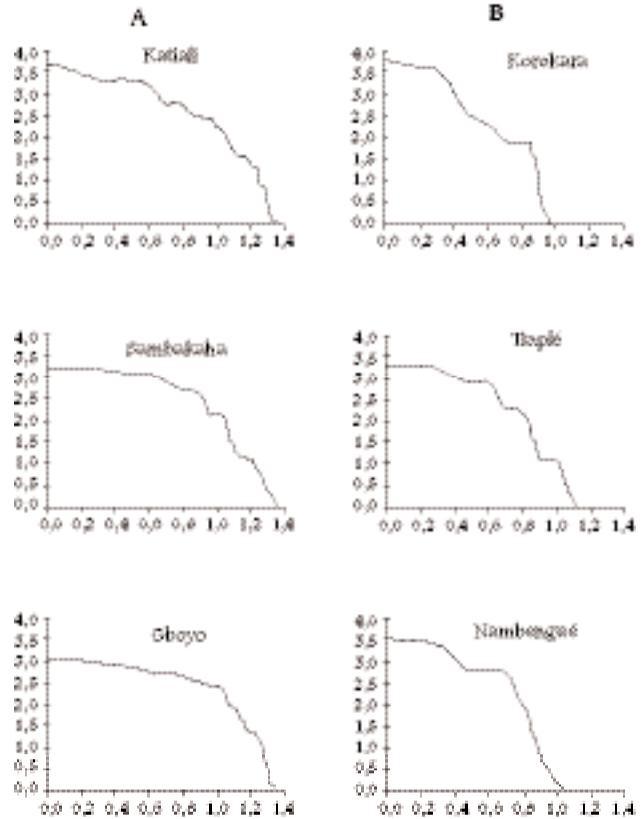
Les barrages dont le diagramme présente une allure en palier sont caractérisés par un petit nombre d'espèces abondantes : la présence de paliers peut indiquer une superposition de plusieurs communautés ou sous-communautés lors de l'échantillonnage.

Des données comme celles du présent travail sont régulièrement utilisées dans les modèles utilisant les structures des peuplements de poissons comme indicateurs de qualité du milieu (FAUSCH *et al.*, 1988, 1990). La mise au point précise d'un tel indice supposerait préalablement la détermination des caractéristiques d'un assemblage de poissons propre à une retenue non soumise à des perturbations anthropiques.

Or il n'existe pas, par définition, de situation naturelle dans ce type de milieu. Il serait cependant possible, à partir d'un gradient d'intensité des usages et de l'exploitation des lacs et de leur pourtour, de chercher à établir un lien entre ces niveaux d'usage, le type de gestion et la structure, notamment trophique, du peuplement.

FIG. 5 - Diagrammes rangs/fréquences des espèces échantillonnées dans les petits barrages.

A - courbes de type « convexe » : peuplements à diversité et régularité élevées.
B - courbes « à paliers » : peuplements caractérisés par la superposition de sous-communautés.



Les peuplements de poissons des petits barrages sont caractérisés par la dominance d'espèces omnivores. Ce type de dominance dans les réseaux trophiques est en général associé à un contrôle accru des niveaux inférieurs par la prédation, par opposition à un contrôle de ces niveaux trophiques inférieurs par une limitation de la ressource (MENGES et SUTHERLAND, 1976 ; 1987). Ces auteurs concluent également que dans les réseaux trophiques « longs », l'importance de la prédation comme facteur régulateur des abondances augmente avec la diminution des stress environnementaux (*i.e.* la prédation est un facteur de régulation plus important dans les milieux stables que dans les milieux instables).

Ce contrôle par la prédation laisse à penser que les petites retenues sont en fait des milieux stables, la résilience étant définie non par l'absence de variations du milieu mais par leur répétition d'une année sur l'autre et donc par leur *prévisibilité*. Cela reste vrai pour les retenues d'eau permanentes, à l'opposé des barrages temporaires qui sont en perpétuelle recomposition biologique en raison de leur assèchement récurrent.

Conclusion



Réservoir de Sambakaha, à l'est de Ferkéssédougou. Moins anthropisée que la région de Korhogo, cette zone offre une mosaïque d'espaces fermés (bois, forêts, savane dense) et de champs de culture (coton, maïs). Le riz de bas-fonds y est traditionnellement présent en cultures inondées, tout comme sont cultivées des variétés de riz pluvial sur les versants. Le réservoir de Sambakaha est, malgré sa taille modeste, l'un des plus poissonneux de la région.

Plusieurs des espèces rencontrées sont potentiellement malacophages et pourraient donc *a priori* être considérées comme des espèces susceptibles de réguler les populations de mollusques hôtes intermédiaires de bilharzioses. Il n'existe à ce jour aucune indication explicite du rôle régulateur que de telles espèces pourraient jouer. Les poissons peuvent effectivement « aider » à contrôler les populations de mollusques, mais toujours dans le cadre de projets de lutte intégrés où altération de l'habitat des mollusques (élimination des macrophytes), lutte chimique (application de molluscicides) et contrôle biologique (prédation) sont associés (SLOOTWEG, 1995).

La niche trophique des herbivores-détritivores demeure quant à elle vacante dans la plupart des petites et moyennes retenues, ce qui corrobore les observations de FERNANDO et HOLCIK (1982) qui indiquent que tous les niveaux trophiques disponibles ne sont pas exploités par les poissons natifs dans les retenues en milieu tropical. Cette observation donne tout son sens aux tentatives d'introduction d'espèces du genre *Labeo* dans les petits barrages, comme cela a pu être le cas par le passé au Burkina Faso (BAIJOT *et al.*, 1994).

R é f é r e n c e s

- BAJOT E., MOREAU J., BOUDA S., 1994 – *Aspects hydrobiologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano-sahélienne*. Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) ; Commission des communautés européennes (CCE), Bruxelles, Belgique, 250 p.
- DA COSTA K. S., TRAORÉ K., TITO DE MORAIS L., 1998 – Effort de pêche et production exploitée dans les petites retenues du Nord de la Côte d'Ivoire. *Bull. fran. Pêche. Piscic.*, 71 (348) : 65-78.
- FAUSCH K. D., HAWKES C. L., PARSONS M. G., 1988 – *Models that predict standing crop of stream fish from habitat variables: 1950-85*. Portland, OR: US Dept. of Agric., Forest Service, Pacific Northwest Research Station. *Gen. Tech. Rep.* PNW-GTR-213, 52 p.
- FAUSCH K. D., LYONS J., KARR J. R., ANGERMEIER P. L., 1990 – Fish communities as indicators of environmental degradation. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 8 : 123-144.
- FERNANDO C. H., HOLCIK J., 1982 – The nature of fish communities: a factor influencing the fishery potential and yields of tropical lakes and reservoirs. *Hydrobiologia*, 97 : 127-140.
- FRONTIER S., PICHOT-VIALE D., 1998 – *Écosystèmes. Structure, fonctionnement, évolution*. Paris, Dunod, 2^e édition, 447 p.
- HUGUENY B., 1989 – *Biogéographie et structure des peuplements de poissons d'eau douce de l'Afrique de l'Ouest : approches quantitatives*. Thèse, univ. Paris-VII, 295 p.
- IDESSA, 1992 – *Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du Nord de la Côte d'Ivoire. Rapport préliminaire. Projet « Petits Barrages »* CI/CRDI, CNRA Bouaké, Côte d'Ivoire, 181 p.
- Inventaire des retenues et barrages de Côte d'Ivoire, 1992* – Direction des Grands Travaux (DCGTx), Abidjan, Côte d'Ivoire, 151 p. + annexes.
- LAUZANNE, L., 1988 – « Les habitudes alimentaires des poissons d'eau douce africains ». In LÉVÊQUE C., BRUTON M., SSENTONGO G. (éd.) : *Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains*. Paris, Éditions de l'Orstom, 216 : 221-242.
- LÉVÊQUE C., PAUGY D., 1999 – *Les poissons des eaux continentales africaines. Diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Paris, Éditions IRD, 521 p.
- LÉVÊQUE C., PAUGY D., TEUGELS G., 2003 – *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest*. Paris, IRD-MNHN-MRAC, Coll. Faune et Flore tropicales 40, Tomes 1 et 2, 1 272 p. + CDRom.
- MENGE B. A., SUTHERLAND J. P., 1976 – Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition, and temporal heterogeneity. *Am. Nat.*, 110 : 351-369.
- MENGE B. A., SUTHERLAND J. P., 1987 – Community regulation: variation in disturbance, competition, and predation in relation to environmental stress and recruitment. *Am. Nat.*, 130 : 730-757.
- NUGENT C. G., 1997 – *Côte d'Ivoire. Assistance en matière de législation portant sur les pêches continentales. Rapport sur l'aménagement des pêches continentales*. Rome, FAO, Programme de Coopération technique, TCP/IVC/4553, 86 p.
- PALM R., 1989 – « Management of community small water bodies for fish production in Africa ». In Giasson M., Gaudet J.-L. (eds.) : *Summary of proceedings and selected papers, Symposium on the development and management of fisheries in small water bodies*, Accra, Ghana, 7-8 december 1987. *FAO Fish. Rep.*, 425 : 139-169.
- SKELTON P., 1993 – *A complete guide to the freshwater fishes of Southern Africa*. Southern Books Publishers, Afrique du Sud, 388 p.
- SLOOTWEG R., 1995 – Snail control by fish: an explanation for its failure. *Naga*, 18(4) : 16-19.
- THIOULOUSE J., DOLÉDEC S., CHESSEL D., OLIVIER J.-M., 1995 – « ADE software: multivariate analysis and graphical display of environmental data ». In GUARISO G., RIZZOLI A. (eds.) : *Software per l'ambiente*, Milano, Patrone Editore : 57-62.
- WELCOMME R. L., 1985 – River fisheries. *FAO Fish. tech. Pap.*, 262 : 330 p.
- WELCOMME R. L., DE MERONA B., 1988 – « Peuplements ichtyologiques des rivières ». In LÉVÊQUE C., BRUTON M., SSENTONGO G. (éd.) : *Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains*, Paris, Éditions de l'Orstom, 216 : 251-276.

Annexe

Réservoirs étudiés

Les codes indiqués correspondent à ceux utilisés sur la figure 1.

Tous les sites de Korokara sont représentés sur cette carte avec le même code (Kr). Les coordonnées et les surfaces indiquées ont été collectées dans le cadre du programme Petits Barrages, sauf pour les cinq derniers sites où ces informations ont été extraites de la littérature (*Inventaire des retenues...*, 1992).

Site	Code	Latitude N	Longitude W	Surface (km ²)
Korokara Nord	(Kr)	09° 53' 29"	05° 37' 36"	0,01
Korokara Sud	(Kr)	09° 52' 40"	05° 38' 07"	0,02
Kiemou	(Km)	09° 02' 20"	05° 34' 08"	0,06
Korokara Termitière	(Kr)	09° 54' 47"	05° 36' 40"	0,08
Gboyo	(Gb)	09° 26' 32"	05° 07' 55"	0,09
Tiaplé	(Tp)	09° 05' 19"	05° 23' 29"	0,12
Nambengué	(Nb)	10° 03' 12"	05° 18' 57"	0,13
Sambakaha	(Sb)	09° 24' 09"	05° 06' 21"	0,21
Katiali	(Ki)	09° 48' 45"	05° 57' 09"	0,31
Korokara Serpent	(Kr)	09° 51' 46"	05° 36' 11"	0,44
Tiné	(Tn)	09° 31' 17"	05° 32' 04"	0,45
Natiokobadara	(Nt)	09° 29' 23"	05° 37' 11"	0,85
Sologo	(Sl)	09° 20' 51"	05° 39' 21"	0,95
Lokpoho	(Lp)	09° 35' 11"	05° 11' 05"	1,62
Solomougou	(Sg)	09° 18' 09"	05° 44' 36"	5,00
Nafoun	(Nf)	09° 17' 43"	06° 11' 46"	12,00

*Introduction et adaptation de *Lates niloticus* dans la retenue de Tiné*

Cyrille Kouassi

Kassoum Traoré

Alexis Yté Wongbé

Inza Dembelé

Le *Lates niloticus*, communément appelé « capitaine d'eau douce » ou « perche du Nil », est un poisson dont la qualité de chair et la rapidité de croissance font une espèce très prisée. L'attention des pisciculteurs s'est portée depuis quelques années sur cette espèce qui permet, en outre, le contrôle naturel de la densité des poissons fourrages comme les tilapias (LEMASSON et BARD, 1968). Dans le cadre d'une telle utilisation, le Centre technique forestier tropical (CTFT, intégré depuis dans le Cirad) a introduit en 1978 dans la retenue de Tiné quelques dizaines de spécimens de *L. niloticus* issus d'un essai de contrôle de population de tilapias en étang (CTFT, 1979).

Ce poisson est par ailleurs mondialement connu en raison de son introduction dans les années 1950 dans la partie ougandaise du lac Victoria pour y stimuler une pêcherie déclinante et ainsi contribuer au développement économique de la région (LOWE McCONNELL, 1997). Les stocks de *Lates niloticus* ont rapidement augmenté durant les années 1970, ce qui a entraîné le déclin, voire, dans certaines zones, la disparition complète de certaines espèces indigènes, dont notamment de nombreux cichlidés endémiques (WITTE *et al.*, 1992). Dans le même temps, les captures de capitaines sont passées de moins de 1 000 tonnes en 1979 à près de 325 000 tonnes en 1989, pour une production totale exploitée à l'échelle du Victoria entier proche de 500 000 tonnes (GREBOVAL, 1992).

L'importance majeure de la pêcherie, principalement tournée vers l'exportation, a conduit par ailleurs à s'interroger quant aux modalités d'évaluation des pertes de biodiversité provoquées par l'introduction de ce redoutable prédateur (LÉVÉQUE, 1997), dans le contexte de l'importante plus-value générée par son exploitation.

Introduction

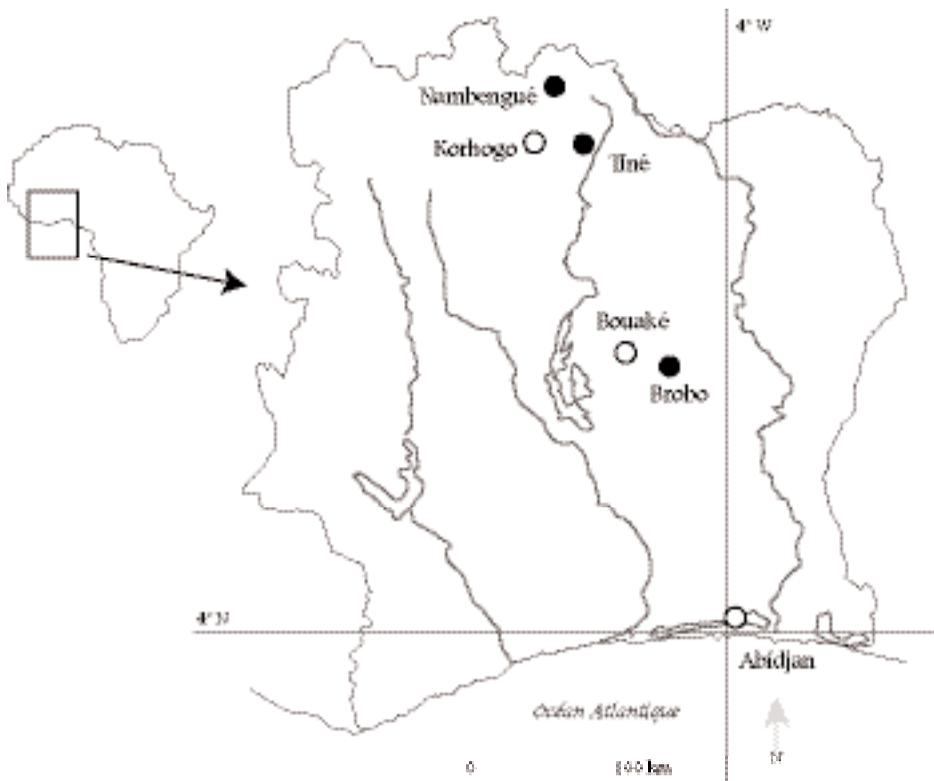


FIG. 1 - Localisation du barrage de Tiné.

Cette situation et les opportunités halieutiques qu'elle a révélées nous ont conduit à nous intéresser au cas de la retenue de Tiné, réservoir artificiel à vocation agricole (riziculture), de dimensions comparativement très modestes (45 ha), édifié au début des années 1970 entre les villes de Sinématiali et Korhogo (9° 31' N, 5° 32' W) dans le nord de la Côte d'Ivoire (fig. 1).

Nous proposons de mettre en évidence à travers ce travail quelques caractéristiques (importance quantitative, structure en taille, coefficient de condition, croissance) de la population de *L. niloticus* de ce réservoir et de commenter les conditions de son succès initial puis de sa quasi-disparition.

Matériel et méthodes

Une série d'échantillonnages de l'ichtyofaune du réservoir de Tiné a été réalisée entre août 1991 et mars 1992 (filets maillants, sennes, éperviers). En mai 1997, les trois quarts du volume d'eau du lac ont été évacués à la faveur d'une vidange pour réparation de la digue, et des captures de poissons ont de nouveau été organisées. Lors de cette vidange, les prises des nasses traditionnelles utilisées par les pêcheurs locaux ont été examinées.

À chaque séance de pêche, tous les poissons capturés ont été identifiés, pesés et mesurés (longueurs standard et totale). Pour *Lates niloticus*, le sexe a été déterminé. Les captures des filets maillants ont été utilisées pour le calcul des prises par unité d'effort (PUE) en nombre (nombre d'individus par 100 m² de filet par nuit de pêche) et en poids (en gramme par 100 m² de filet par nuit de pêche) pour chaque espèce.

Ces PUE ont été calculées selon : $(N \text{ ou } P)/(l \times h \times f \times n)$ avec : N = nombre de poissons capturés ; P = poids de poissons capturés ; l = longueur de filet ; h = hauteur de filet ; f = nombre de filets de même maille utilisés ; n = nombre de nuits de pêche.

Le coefficient de condition qui permet d'apprécier l'état nutritionnel des poissons a été calculé pour la population de *Lates niloticus*. La formule utilisée est : $K = P \cdot 10^5 / L^3$ avec : P = poids en gramme et L = longueur standard en mm.

**Capitaine ou perche du Nil
(*Lates niloticus*) pêché à Tiné
(axe Korhogo-Ferkéssédougou).**

**L'espèce a été introduite
dans le réservoir de Tiné
dans les années 1970
et s'y est dans un premier temps
aisément acclimatée :
une micro-pêcherie spécifique
s'était alors développée.
Ce réservoir a ensuite été
à plusieurs reprises intégralement
vidangé à des fins agricoles,
ne laissant en eau que de rares
et petites vasques très turbides.
Les effectifs de *Lates*
se sont alors effondrés.**



La méthode de Petersen a été utilisée pour décrire la croissance de la population de *Lates niloticus* à partir des classes de tailles obtenues lors de différentes séances de pêche successives. Pour étoffer les informations relatives à la richesse spécifique, les prises des pêcheurs exerçant sur le lac ont été également examinées.

Résultats

D'août 1991 à mars 1992, *Lates niloticus* a constitué dans l'ensemble 13,7 % des prises en nombre au filet maillant et à la senne, venant ainsi après *Barbus macrops* et *Tilapia zillii* qui représentaient respectivement 45,8 % et 26,6 % des prises en nombre (tabl. I).

Inversement, en poids, *L. niloticus* a constitué la première espèce avec 28,3 % des prises, suivie de *B. macrops* (27,8 %), de *T. zillii* (26,2 %) et de *Chrysichthys maurus* (6,6 %).

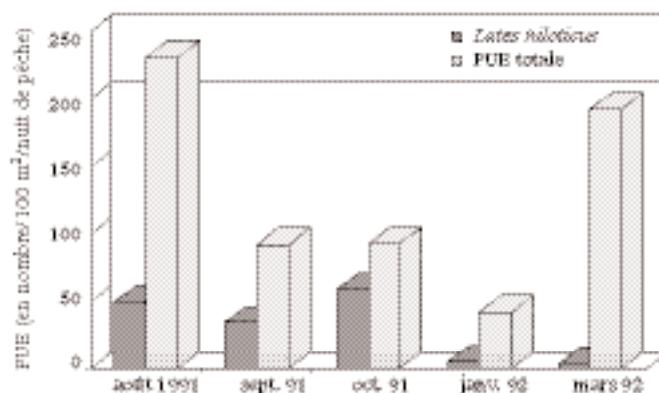
Bien que régulièrement rencontrée dans les prises des filets maillants durant la période d'étude (fig. 2), l'espèce a surtout été pêchée en période de hautes eaux (de juillet à octobre) tandis que les prises les plus faibles ont été enregistrées en saison sèche (janvier à mars).

Six ans plus tard, la contribution de la population de *Lates niloticus* a baissé de façon drastique : cette espèce ne constitue plus que 1,2 % en nombre et 3,1 % en poids (tabl. II).

Tabl. I - Proportion en nombre et en poids des différentes espèces rencontrées dans les filets maillants et les sennes dans le lac de Tiné en 1991-1992.

	Nombre	% en nombre	Poids (en g)	% en poids
<i>Barbus macrops</i>	619	45,8	6 017	27,8
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	5	0,4	505	2,3
<i>C. maurus</i>	16	1,2	1 429	6,6
<i>Hemichromis fasciatus</i>	58	4,3	977	4,5
<i>Lates niloticus</i>	185	13,7	6 121	28,3
<i>Tilapia zillii</i>	359	26,6	5 669	26,2
<i>Hemichromis bimaculatus</i>	10	0,7	128	0,6
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	73	5,4	324	1,5
<i>Chromidotilapia guntheri</i>	8	0,6	248	1,1
<i>Oreochromis niloticus</i>	19	1,4	228	1,1
Total	1 352		21 646	

FIG. 2 - Évolution des PUE en nombre de la population de *Lates niloticus* et de l'ensemble des prises des filets maillants.



Le peuplement ichthyologique est alors dominé par les Cichlidae (*Tilapia zillii*, *Oreochromis niloticus*) et le Bagridae *Chrysichthys nigrodigitatus*. L'un des tilapias indigènes, *Sarotherodon galilaeus*, présent en 1991 et 1992, n'a plus été rencontré au cours de cette vidange, tandis que l'importance tant numérique que pondérale de *Barbus macrops* a remarquablement diminué.

Les valeurs moyennes du coefficient de condition ($2,23 \pm 0,30$ et $2,31 \pm 0,32$, respectivement pour les mâles et les femelles) indiquaient le bon état nutritionnel de la population : la relation allométrique obtenue, $W(g) = 0,0267 Ls(cm)^{2,94}$, est inscrite dans les valeurs hautes fournies par la littérature.

Tabl. II - Proportion en nombre et en poids des différentes espèces rencontrées lors de la vidange du lac de Tiné en mai 1997.

	Nombre	% en nombre	Poids (en g)	% en poids
<i>Barbus macrops</i>	181	5,7	1 810	0,9
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	814	25,4	54 392	26,7
<i>C. maurus</i>	278	8,7	21 730	10,7
<i>Chromidotilapia guntheri</i>	72	2,2	1 584	0,8
<i>Clarias anguillaris</i>	24	0,7	11 760	5,8
<i>Hemichromis bimaculatus</i>	88	2,7	1 760	0,9
<i>H. fasciatus</i>	316	9,9	7 268	3,6
<i>Lates niloticus</i>	38	1,2	6 308	3,1
<i>Marcusenius senegalensis</i>	36	1,1	1 512	0,7
<i>Oreochromis niloticus</i>	462	14,4	58 674	28,8
<i>Tilapia zillii</i>	893	27,9	36 613	18,0
Total	3 202		203 411	

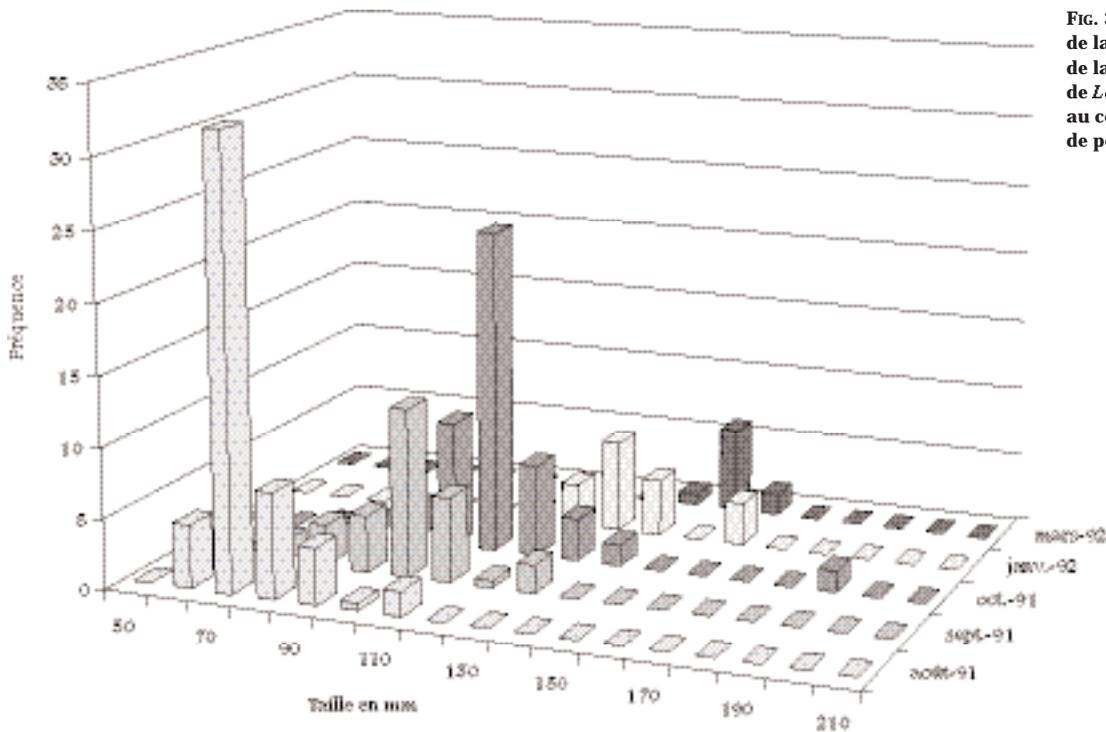


FIG. 3 - Évolution de la structure de taille de la population de *Lates niloticus* au cours des séances de pêche.

La structure en taille de la population de *Lates niloticus* apparaît monomodale pour chaque séance de pêche pendant la période d'observation (fig. 3). Les échantillonnages ont principalement capturé la classe d'âge la plus jeune, avec une majorité d'individus dont la taille variait de 60 à 185 mm, pour des poids compris entre 5 et 130 g. Le plus gros individu capturé mesurait 460 mm et pesait 2,5 kg.

En sept mois (d'août 1991 à mars 1992), le taux de croissance moyen a été de 11,4 mm et 8,6 g par mois respectivement pour la taille et le poids. Le taux de croissance est maximal en cœur de saison des pluies (août-septembre ; 0,88 mm et 441 mg par jour respectivement pour la longueur et le poids). Par la suite il chute à 0,24 mm j⁻¹ et 119 mg j⁻¹ entre septembre et octobre, 0,26 mm j⁻¹ et 256 mg j⁻¹ entre octobre et janvier, puis 0,31 mm j⁻¹ et 391 mg j⁻¹ de janvier 1992 à mars 1992.

La cohorte échantillonnée révélait une aptitude de croissance élevée et les importantes biomasses constituées par cette espèce faisaient l'objet d'une forte exploitation par les pêcheurs artisans et d'une commercialisation immédiate sur le marché de Korhogo. L'essentiel de leurs captures

(filets maillants) concernait toutefois les plus jeunes classes d'âges (individus < 250 g), mais des prises d'individus âgés (> 5 kg) étaient régulièrement rapportées.

Six ans plus tard, au moment de la vidange, la petite population de *Lates niloticus* échantillonnée possédait un poids moyen de 166 g avec une longueur standard moyenne de 170 mm.

Au début des années 1990, soit une douzaine d'années après son introduction, *Lates niloticus* était quantitativement l'une des espèces les plus importantes du réservoir de Tiné. Les résultats de la vidange montrent que cinq ans plus tard, la population de *L. niloticus* a considérablement perdu de son importance puisqu'elle ne représente plus qu'une infime fraction du peuplement ichthyologique. Au vu de la composition spécifique du lac, où des proies potentielles de *Lates niloticus* telles que *Tilapia zillii*, *Barbus macrops* et *Oreochromis niloticus* abondent (tabl. II), cette importante diminution d'abondance ne paraît pas être causée par un manque de nourriture. Inversement, les faibles abondances de zooplancton recensées dans ce lac sont mises en relation avec la présence des larves de *Lates*, friandes notamment de rotifères.

Les valeurs moyennes du coefficient de condition de la population de *Lates niloticus* (2,23 et 2,31, respectivement pour les mâles et les femelles) corroborent ce constat. Ces coefficients sont élevés dans le lac de Tiné, comparativement aux observations de HASHEM et HUSSEIM (1973) dans le delta du Nil, avec des valeurs variant entre 1,2 et 1,5, ou encore à celles indiquées pour les populations du fleuve Comoé (Côte d'Ivoire) qui varient entre 1,93 et 2,41 (TRAORÉ, 1985). La relation allométrique observée est très semblable à celle obtenue par DAGET (1964), $W = 0,027 Ls^3$, pour des individus capturés dans le fleuve Niger et dont la taille variait entre 7,3 cm et 24,5 cm. Les valeurs les plus élevées ont été relevées dans la partie soudanienne du Nil ($W = 0,0464 Ls^{3,24}$, AL-KHOLY *et al.*, 1973).

La population de *L. niloticus* du lac de Tiné paraît donc être dans un état physiologique et nutritionnel satisfaisant.

L'impact de *Lates niloticus* sur l'ichtyofaune du lac n'a pu être mis en évidence, faute de travaux préliminaires à son introduction. On note cependant l'absence au sein du peuplement ichthyologique de ce lac de certaines espèces largement distribuées par ailleurs dans les petits

Discussion et conclusion

barrages (TRAORÉ et KONAN, 1992). Il s'agit notamment du Mormyridae *Petrocephalus bovei* et des Schilbeidae *Schilbe mandibularis* et *S. intermedius*. La perte de diversité associée à la disparition de ces espèces petites et peu exploitées est toutefois à considérer en regard des avantages halieutiques associés au développement du capitaine et de son exploitation. De fait, l'introduction de *L. niloticus* dans les retenues d'eau ivoiriennes est une demande récurrente de la part des populations riveraines (SUBREVILLE *et al.*, 1997). Les petits barrages pouvant faire l'objet de cette introduction sont des milieux artificiels, aménagés *par* l'homme *pour* l'homme, dans le but de sécuriser les productions vivrières. La diversification des activités et des sources de revenus, notamment par l'exploitation halieutique, est inscrite dans les priorités nationales, et, à ce titre, l'amélioration de la productivité des écosystèmes, éventuellement par l'introduction d'espèces à forte valeur ajoutée, ne doit pas être négligée. Sous réserve d'une adéquation correcte avec les autres usages dont les plans d'eau sont l'objet (instauration de réserves d'eau) ; sous réserve encore que l'impact du *Lates niloticus* sur les autres populations de poissons en présence et faisant également l'objet d'une exploitation soit correctement évalué.

Les facteurs pouvant expliquer la fluctuation de l'importance de la population de *L. niloticus* peuvent être liés (1) aux processus naturels de régulation, (2) à la forte pression exercée par les activités de pêche sur l'ichtyofaune ou encore (3) aux fluctuations environnementales sévères subies par cet écosystème en raison de sa vocation agricole.

La vidange d'entretien du réservoir de février 1997, ne laissant en eau dès le milieu de la saison sèche que des vasques profondes isolées et très turbides, avait déjà entraîné la quasi-disparition des *Lates* de ce réservoir. La reconstitution de la population est désormais annuellement altérée par la récurrence de ces vidanges destinées à l'irrigation des périmètres agricoles installés en aval du barrage (où plus d'une centaine d'hectares de casiers rizicoles ont été aménagés). Cette pratique compromet le succès, sinon la survie de cette espèce.

La gestion de l'eau à des fins agricoles s'accommode mal en l'occurrence des exigences écologiques et paraît mettre en péril, sinon compromettre, la durabilité de l'exploitation halieutique du système. Ce conflit d'intérêt est révélateur des raisonnements sectoriels qui sous-tendent la gestion des hydro-aménagements. Si la pratique d'une riziculture intensive de contre-saison est en soi un objectif louable, la constitution de volumes réservés, accompagnée éventuellement de périodes de réduction de l'effort de pêche qui cible les *Lates* permettrait d'augmenter *in fine* la

**Débarquement sur la berge
du réservoir de Tiné.**

**Les pêcheurs exposent
les produits de la pêche du jour
qui sont instantanément achetés
par des ménagères ou commerçantes
venues l'attendre.**

**À Tiné, la commercialisation
des produits de la pêche
n'est pas captive du seul marché
que représentent les riverains :
une partie de cette production
est régulièrement commercialisée
à Korhogo où les opportunités
commerciales sont plus importantes.**



plus-value globale du réservoir tout en élargissant la diversité des bénéficiaires. Il faudrait pour cela que l'opportunité du développement de l'activité halieutique sur ce site, comme sur d'autres dévolus à l'irrigation de contre-saison, soit clairement reconnue et que pêche et agriculture (re)deviennent complémentaires plutôt que concurrentes.

R é f é r e n c e s

- AL-KHOLY A. A., RAFAIL S. Z., MAHDI M.A., 1973 – Biological studies on Sudanese inland fishes, *Lates niloticus*. *Bull. Inst. Oceanogr. Fish., Cairo*, 3 : 1-28.
- DAGET J., 1964 – Notes sur les *Lates niloticus* (Poissons, Centroponidae) immatures de la région de Mopti. *Bull. Inst. Fondam. Afr. Noire (A Sci. Nat.)*, 26 (2) : 1320-1339.
- GREBOVAL D., MANNINI P., 1992 – *The fisheries of Lake Victoria: review of Basic Data*. UNDP/FAO/Regional Project Inland Fisheries Planning. Rome, FAO, RAF/87/099/-WP/16/92.
- HASHEM M. T., HUSSEIM K. A., 1973 – Some biological studies of the Nile perch (*Lates niloticus* C. & V.) in the Nozha hydrodrome. *Bull. Inst. Oceanogr. Fish, Cairo*, 3 : 364-393.
- LEMASSON J., BARD J., 1968 – Nouveaux poissons et nouveaux systèmes pour la pisciculture en Afrique. *FAO. Fish. Rep.*, 44 (5) : 182-195.
- LÉVÊQUE C., 1997 – Introduction of exotic fish species in tropical fresh waters: purposes and consequences. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 344-345 : 79-91.
- LOWE MCCONNELL R., 1997 – EAFRO and after: a guide to key events affecting fish communities in Lake Victoria (East Africa). *S. Afr. J. Sci.*, 93 : 570-573.
- SUBREVILLE G., OURAGA Y., MAMA-DOU E., 1997 – *Diagnostic SARS ANADER (zone centre) : Direction régionale de Yamoussoukro, région de Toumodi*. Compte rendu de mission, Convention Idessa-Anader, 17 p.
- TRAORÉ K., 1985 – *Évaluation après six années de monitoring (1980 - 1985) de l'impact des Insecticides Antisimulidiens sur l'ichtyofaune des cours d'eau ivoiriens traités dans le cadre de la lutte contre l'Onchocercose*. Rapport n° 7, Convention IET/OMS - Oncho, 230 p.
- TRAORÉ K., KONAN L., 1992 – « Identification et caractérisation du peuplement ichtyologique de quelques retenues hydro-agro-pastorales du nord de la Côte d'Ivoire ». In : *Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du Nord de la Côte d'Ivoire. Rapport préliminaire. Projet « Petits Barrages »*, Idessa-CI/CRDI, CNRA Bouaké, Côte d'Ivoire : 54-143.
- WITTE F., GOLDSCHMIDT T., GOUDSWAARD P. C., LIGTVOET W., VAN OIJEN M. J. P., WANINK, J. H., 1992 – Species extinction and concomitant ecological changes in Lake Victoria. *Neth. J. Zool.*, 42 (2-3) : 214-232.

Mollusques hôtes intermédiaires de bilharzioses dans les petits barrages

Philippe Cecchi

Siradiou Baldé

Grégoire Yapi Yapi

On estime qu'il existait 800 000 barrages dans le monde en 1997, dont environ 45 000 dotés d'une digue de plus de 15 m de hauteur appartenant à la classe des grands barrages (*Large Dams and alternatives*, 1999). L'immense majorité d'entre eux est donc constituée d'ouvrages de tailles modestes, comme le sont les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire. En Afrique, ces aménagements hydrauliques ont le plus souvent eu comme première conséquence sanitaire une recrudescence de diverses parasitoses, en particulier des schistosomiasés ou bilharzioses (*Report of the WHO informal consultation*, 1999). La transformation des écosystèmes aquatiques par les aménagements se matérialise d'abord par la création d'habitats favorables à la prolifération des mollusques (SYMOENS *et al.*, 1982). La modification des pratiques des populations riveraines de ces aménagements se concrétise de son côté par l'intensification des contacts entre l'homme et l'eau (Kloos *et al.*, 1998), et donc avec les parasites s'ils sont présents. Ces deux facteurs contribuent à déterminer l'évolution de l'incidence de ces pathologies.

Le système pathogène de la bilharziose repose sur les interactions du parasite et de ses hôtes (fig. 1) : l'homme, hôte terminal, chez qui s'opère la partie sexuée de la reproduction du parasite, et les mollusques, hôtes intermédiaires, chez lesquels se déroule la phase asexuée de la reproduction du parasite. Le réservoir parasitaire est l'homme, qui infecte les mollusques en souillant le milieu aquatique par ses selles ou urines. Les œufs rejetés par l'homme ne peuvent poursuivre leur évolution que dans l'eau douce : ces œufs libèrent les embryons (*miracidium*) qui pénètrent les mollusques où ils se développent. Les mollusques émettent ensuite des larves ou furcocercaires, formes aquatiques libres du parasite, qui peuvent

Introduction

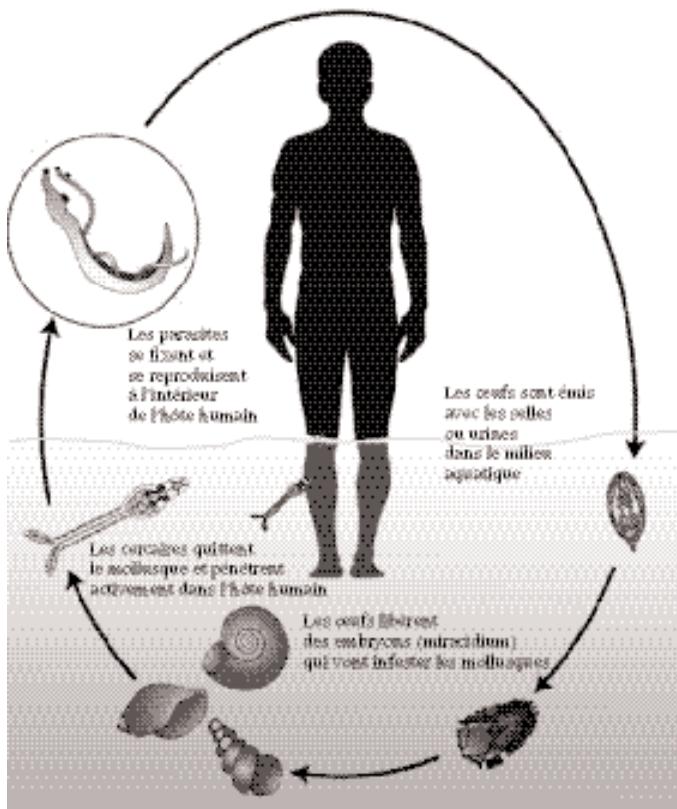


FIG. 1 - Représentation schématique du cycle parasitaire des schistosomoses (d'après OLDS et DASARATHY, 2001).

alors activement contaminer l'homme par voie transcutanée à l'occasion de contacts avec l'eau. Les cercaires migrent par voie circulatoire, gagnent le territoire mésentérique inférieur et deviennent des adultes (mâles et femelles). Ceux-ci peuvent survivre plusieurs années chez l'hôte. Les femelles pondent des milliers d'œufs par jour dans les veinules des organes profonds ; ces œufs migrent à travers la paroi d'un organe creux (vessie, intestin) pour être éliminés avec les excréta, et initier ainsi un nouveau cycle (voir par exemple STURROCK, 1993).

Dans le nord de la Côte d'Ivoire, l'apparition d'un foyer récent de schistosomoses (prévalences multipliées par quatre entre 1987 et 1993 ; N'GORAN, 1997) est attribuée directement à l'évolution des espaces ruraux, en particulier au travers de l'aménagement des bas-fonds. Si cinq espèces de schistosomes parasitent l'homme dans le monde, deux d'entre elles, *Schistosoma haematobium* et *S. mansoni*, respectivement responsables de la bilharziose urinaire et intestinale, sont directement associées à l'extension vers le nord de l'aire de répartition des bilharzioses

en Côte d'Ivoire. Les multiples aménagements hydro-agricoles qui ont été réalisés dans cette zone depuis une trentaine d'années sont directement impliqués dans cette évolution spatio-temporelle.

La recherche des mollusques hôtes intermédiaires puis l'évaluation de leur parasitisme peuvent permettre d'identifier le potentiel pathogène associé aux masses d'eau, et en particulier aux petits barrages. Des prospections ont été conduites en ce sens sur un ensemble de systèmes aquatiques en 1995 (SAMOURA, 1996) et 1997 (BALDÉ, 1997), dont les résultats les plus marquants sont présentés ici.

C'est pendant la période la plus chaude et la plus sèche de l'année – période d'intense utilisation des plans d'eau tandis que les autres ressources en eau (naturelles) sont taries ou faiblement abondantes – que les petits barrages constituent *a priori* un espace à risque. Les prospections malacologiques ont donc été conduites en cœur de saison sèche (avril 1995 et avril 1997) sur un ensemble diversifié de plans d'eau afin de cerner le potentiel pathogène spécifiquement attaché aux petits barrages. 28 sites ont été prospectés (14 petits barrages, 3 mares temporaires et 11 marigots), chacun de ces plans d'eau étant susceptible

Matériel et méthodes

Structuration des peuplements de mollusques dans différents types de plans d'eau

Échantillonnage des mollusques hôtes intermédiaires de schistosomiasis dans les herbiers du lac de Katiali par Eliézer N'Goran et Joséphine Samoura, de l'université de Cocody à Abidjan, dans l'objectif d'en mesurer la parasitémie.



d'être utilisé ou fréquenté par les populations riveraines. À ce titre, chacun peut constituer un site favorable à la transmission des bilharzioses, sous réserve que des hôtes intermédiaires parasités y soient présents.

Les mêmes sites ont été échantillonnés aux mêmes périodes, à deux ans d'intervalle, à l'occasion d'un seul passage d'une heure de prospection par site. Les supports aquatiques potentiels pour les mollusques ont été systématiquement examinés et la végétation aquatique ou semi-aquatique des sites d'accès difficile a été échantillonnée à l'aide de tamis emmanchés. Dans les deux cas, deux prospecteurs ont œuvré pendant 15 minutes. Tous les mollusques présents ont été systématiquement collectés, identifiés et conservés vivants.

Suivi longitudinal des populations de mollusques dans cinq petits barrages

Des prospections malacologiques mensuelles ont été conduites en 1995 et en 1997, entre avril et août, dans cinq petits barrages, illustratifs de la diversité des situations rencontrées (fig. 2) :

– Gboyo (Gb) et Sambakaha (Sb) sont des retenues situées à l'est de Ferkéssédougou, dans une zone peu dense et relativement éloignée des villages. La fréquentation par les troupeaux y est régulée mais intense ;

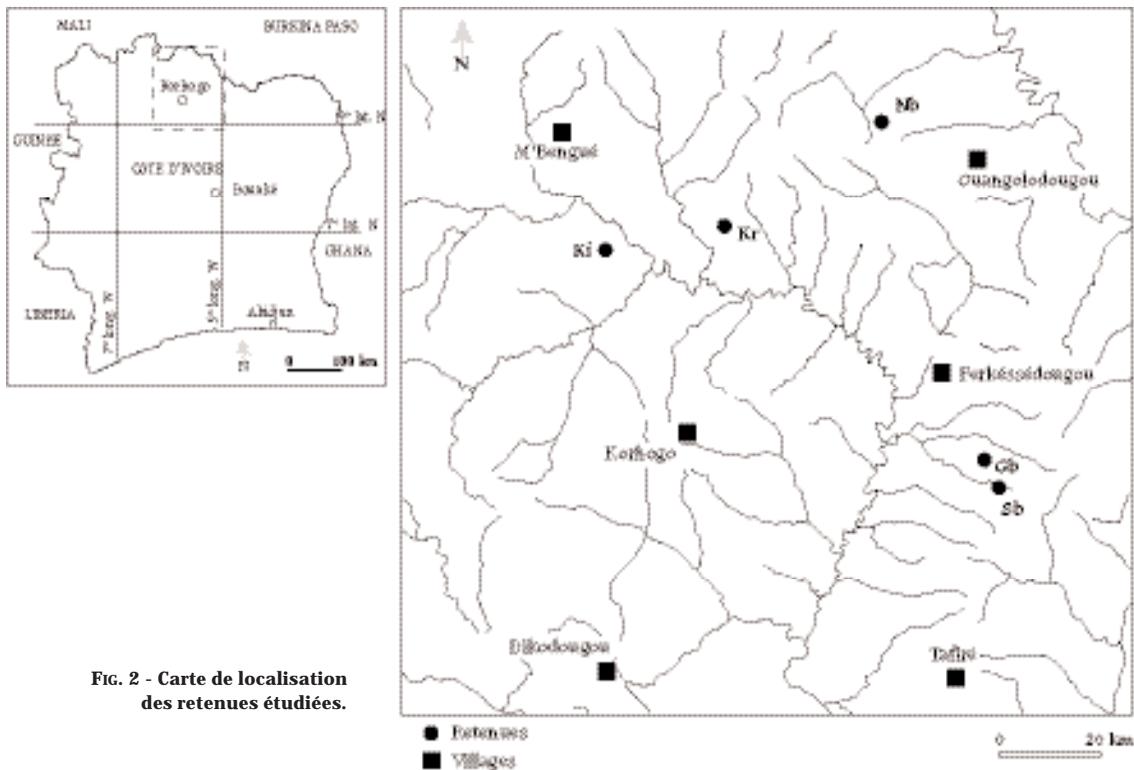


FIG. 2 - Carte de localisation des retenues étudiées.

– Nambengué (Nb) est un réservoir situé à l'extrême nord de la zone d'étude, non loin des frontières du Mali et du Burkina Faso. Cette retenue fait l'objet d'une très intense fréquentation par les habitants du (gros) village riverain et par les nombreux troupeaux qui viennent s'y abreuver en raison de sa position sur un axe de transhumance important.

– Katiali (Ki) et Korokara (Kr) sont deux retenues situées au nord de la ville de Korhogo, dans une zone pionnière marquée par une dynamique démographique vigoureuse (forte immigration). Comme les précédents, ces réservoirs sont intensément fréquentés par les troupeaux, en raison notamment du grand nombre de campements de pasteurs peuls installés dans leur voisinage.

Les modalités d'échantillonnage ont été les mêmes que celles décrites précédemment.

Pour tous les mollusques hôtes intermédiaires collectés en 1997, le contrôle de l'infection a consisté à isoler chaque mollusque dans un pilulier contenant environ 10 ml d'eau et à l'exposer à la lumière : cette stimulation provoque l'émission des cercaires mûres. Après une acclimatation de 48 heures aux conditions de laboratoire, tous les mollusques ont été déposés individuellement dans un pilulier et l'ensemble a été

Évaluation du parasitisme des mollusques

Préparation des mollusques hôtes intermédiaires au laboratoire. Chaque mollusque est placé individuellement dans un pilulier puis exposé à la lumière. La chronobiologie d'émergence de cercaires mûres et l'observation des parasites au microscope autorisent un diagnostic des différentes espèces incriminées.



placé sous lumière artificielle de 6 h à 18 h. Toutes les heures, l'eau du bain des mollusques contenant éventuellement les cercaires émises était renouvelée et filtrée sur un filtre polyamide Nytrek (40 µm de vide de maille). Le filtre était ensuite coloré au lugol et les cercaires émises comptées au microscope optique (x 40). Les mollusques ont été testés pendant trois jours consécutifs. Le rythme horaire d'émergence des cercaires (chronobiologie) et leur observation au microscope autorisent un premier diagnostic des différentes espèces de schistosomes incriminées (PAGES et THERON, 1990), même si la variabilité phénotypique du rythme d'émergence de *S. haematobium* peut moduler les conclusions tirées de telles observations (N'GORAN *et al.*, 1997).

Résultats

Structuration des peuplements de mollusques et types de plans d'eau

1 481 mollusques hôtes intermédiaires (60,2 % des mollusques recensés) ont été collectés à l'occasion des deux campagnes d'échantillonnages d'avril 1995 et d'avril 1997 (fig. 3).

Sur l'ensemble des sites prospectés, 15 seulement n'hébergeaient aucun hôte intermédiaire. Ces sites n'étaient pas les mêmes en 1995 et en 1997. *Bulinus forskalii* et *Biomphalaria pfeifferi* sont les espèces les plus ubiquistes (respectivement 33 et 21 occurrences). Ces deux espèces sont exclusives puisque *Bi. pfeifferi* n'est jamais présent dans les mares temporaires, tandis que *B. forskalii* s'y trouve toujours. Par ailleurs, *B. globosus* et *B. truncatus* paraissent également en exclusion : *B. globosus* se retrouve toujours en rivière et jamais en barrage, tandis que *B. truncatus* se retrouve toujours dans les mares temporaires et dans les barrages mais jamais en rivière.

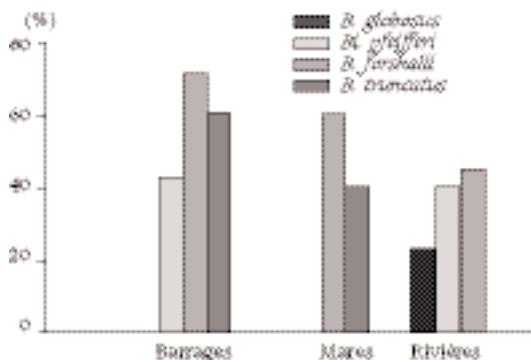


FIG. 3 - Occurrence (%) des différentes espèces d'hôtes intermédiaires selon les milieux.

Peuplements de mollusques dans les petits barrages

1 365 mollusques hôtes intermédiaires ont été collectés lors des prospections longitudinales réalisées en 1995 et 1997 dans les cinq retenues échantillonnées (tabl. I).

Les densités de *Biomphalaria* demeurent toujours très faibles : ce mollusque représente moins de 5 % des captures totales. En 1997, sa présence ne fut observée qu'en un seul site et, tout comme en 1995, seulement pendant les premières semaines d'échantillonnage (avril-mai).

Tabl. I - Occurrence des mollusques hôtes intermédiaires dans les petits barrages échantillonnés en 1995 et 1997 (d'après SAMOURA, 1996 ; BALDÉ, 1997).

	1995	1997	(1995+1997)
<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	13,9 % (N = 43)	1,9 % (N = 20)	4,6 % (N = 63)
<i>Bulinus truncatus</i>	54,4 % (N = 168)	63,1 % (N = 666)	61,1 % (N = 834)
<i>Bulinus forskalii</i>	31,7 % (N = 98)	35,0 % (N = 370)	34,29 % (N = 468)

L'évolution de la répartition des trois espèces entre 1995 et 1997 indique une opposition significative entre *Bi. pfeifferi* et *B. truncatus*, tandis que la contribution de *B. forskalii* demeure inchangée ($\chi^2 = 78,6$; $P < 0,0001$).

Les bulins, et particulièrement *Bulinus truncatus*, sont toujours largement dominants, même si l'on a relevé d'importantes variations d'abondances, tant dans l'espace que dans le temps (fig. 4). Les variations saisonnières se reproduisent en 1995 et en 1997, avec un maximum de mollusques collectés en avril et mai, puis une nette décroissance à partir du mois de juin. Les variables climatiques (température et pluviométrie notamment) ne suffisent pas à interpréter cette évolution. Au sein des écosystèmes, la fin de la saison sèche est caractérisée par d'importants développements de phytoplancton (jusqu'à plus de 400 $\mu\text{g L}^{-1}$ de chlorophylle *a*), un net réchauffement de la température moyenne des eaux (jusqu'à 32 °C) et d'importantes fluctuations nyctémérales des conditions physico-chimiques (fortes déplétions en oxygène la nuit, notamment). Aucune relation causale n'a toutefois pu être établie entre les changements de conditions de milieux et les densités de mollusques : les tendances observées paraissent principalement covariantes.

En marge de cette tendance saisonnière marquée existe par ailleurs une très importante variabilité interannuelle dans l'organisation des peuplements de mollusques, que l'on peut percevoir en comparant les résultats des captures réalisées en 1995 et en 1997 dans les mêmes sites, selon le même protocole et avec le même effort d'échantillonnage (tabl. II).

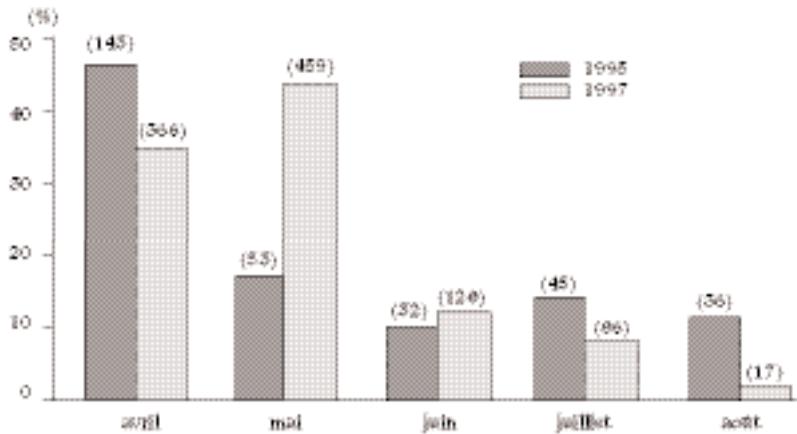


FIG. 4 - Évolution saisonnière des pourcentages d'hôtes intermédiaires collectés dans cinq petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire (les effectifs sont indiqués entre parenthèses).

Sambakaha		Gboyo		Nambengué		Korokara		Katiali	
1995	1997	1995	1997	1995	1997	1995	1997	1995	1997
0	431	96	5	159	442	40	178	14	0

Tabl. II - Nombre total de mollusques hôtes intermédiaires capturés par année et par site.

À Sambakaha, en 1995, aucun mollusque hôte intermédiaire n'avait été collecté, tandis qu'en 1997, près de 41 % de l'ensemble des hôtes intermédiaires provenaient de ce barrage.

La situation inverse s'est produite à Katiali, où aucun mollusque hôte intermédiaire n'avait été collecté en 1997, et à Gboyo, où seulement 5 bulins furent capturés en 1997. Les densités de mollusques sont restées toujours très élevées à Nambengué et dans une moindre mesure à Korokara, sites qui paraissent offrir les conditions les plus favorables à la prolifération des hôtes intermédiaires. Il n'existe aucune relation entre ces effectifs et les caractéristiques intrinsèques (taille notamment) des retenues.

Parasitisme des mollusques hôtes intermédiaires

Tous les hôtes intermédiaires collectés en 1997 dans les barrages agropastoraux de Nambengué, Katiali, Korokara, Sambakaha et Gboyo (1 056 mollusques) ont été mis en élevage afin d'évaluer leurs taux d'infection en suivant la chronobiologie d'émission des cercaires et en examinant ces cercaires au microscope. Sur l'ensemble des barrages, 5 groupes de trématodes ont été identifiés (schistosomes, échinostomes, strigéidés, xiphiodiocercaires et paramphistomes). Le taux d'infection

Tabl. III - Parasitisme des mollusques échantillonnés en 1997 (entre parenthèses : effectifs testés).

	Sambakaha	Nambengué	Korokara
parasités	3 (123)	4 (162)	15 (356)
(% parasités)	2,4	2,5	4,2

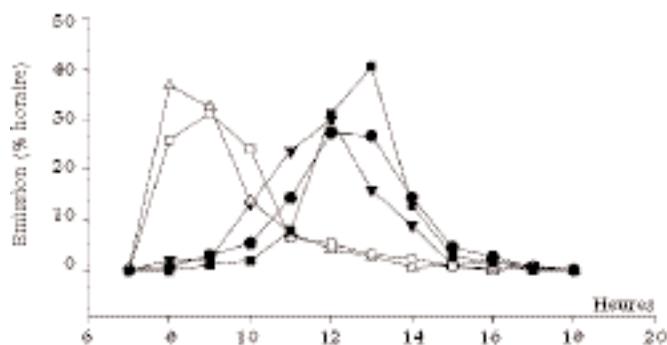
global est de 19,3 % et de nombreux cas de polyparasitisme ont été observés, notamment entre les schistosomes et les autres groupes de parasites.

Seule l'espèce *Bulinus truncatus* a émis des schistosomes et les 22 mollusques parasités provenaient de 3 barrages (tabl. III). Le taux de parasitisme des mollusques est le même pour toutes les retenues ($\chi^2 = 1,38$; $P > 0,5$). Les taux d'infection les plus élevés ont été rencontrés en avril et mai, au moment du maximum d'abondance des mollusques.

L'étude de la chronobiologie d'émission des cercaires (fig. 5) et l'observation microscopique des parasites émis par ce mollusque suggèrent la présence de parasites humains (*Schistosoma haematobium*) et bovins (*Schistosoma bovis*). Sur les cinq individus illustrés ici, deux émettent précocement et trois tardivement (ou l'inverse) et on attribue dans le premier cas l'émission à *S. bovis*, et dans le second cas à *S. haematobium*.

Aucun des mollusques testés n'a révélé de double parasitisme par des schistosomes. Les deux espèces de parasites ont toutefois été trouvées dans chacun des sites prospectés, ce qui peut s'expliquer tant par l'étroitesse des contacts homme/eau et bétail/eau que par la proximité des points de contact utilisés parallèlement par les hommes et par le bétail. La présence simultanée des deux parasites dans les mêmes sites pose ainsi la question des possibles hybridations entre ces deux espèces qui utilisent le même hôte intermédiaire, avec la production possible et avérée par ailleurs de parasites hybrides dont la dangerosité n'est pas connue.

FIG. 5 - Chronobiologie d'émission des cercaires pour 5 individus de *Bulinus truncatus* collectés et testés en mai 1997 (en ordonnée : pourcentage horaire de parasites émis ; moyennes sur trois jours). Les pics d'émission précoces (8-9 h) sont classiquement liés à *S. bovis* tandis que les pics tardifs (12-14 h) sont attribués à *S. haematobium*.



Discussion

Les hôtes intermédiaires de schistosomes sont présents dans tous les types de plans d'eau, qui offrent des caractéristiques d'habitats plus ou moins variées. *Bulinus globosus* a une prédilection pour les gîtes permanents, riches en couvert végétal où la température est modérée. Le rôle de ce mollusque dans la transmission de la bilharziose urinaire à *S. haematobium* est bien connu. *B. truncatus* est une espèce cosmopolite, avec cependant une préférence pour les milieux stagnants et ensoleillés. Cette espèce semble la mieux adaptée aux excès fréquents de température et à l'assèchement périodique des milieux. Ce mollusque est le principal hôte intermédiaire de la bilharziose urinaire.

L'exclusion systématiquement observée entre *B. globosus* et *B. truncatus*, relevée par ailleurs (PODA et TRAORÉ, 2000), se traduit cependant par la présence permanente d'au moins un hôte intermédiaire pour la bilharziose urinaire, quel que soit le type de milieu considéré. Concrètement, dans les barrages pastoraux étudiés ici, *B. truncatus* est systématiquement présent.

L'exclusion inverse a toutefois été observée sur des barrages hydro-agricoles (comme le réservoir de Sologo), où l'on relevait la présence de *B. globosus* en effectifs importants et l'absence de *B. truncatus* (Yapi, données non publiées).



Petit barrage en voie de comblement à Diaratiévogo, à l'ouest sur l'axe Ouangolodougou-Niellé. Édifié dans les années 1980, ce réservoir est l'objet d'une très intense fréquentation par le bétail, et en particulier de celle des troupeaux migrants originaires du Burkina Faso et du Mali voisins. Les nombreux végétaux sont abondamment colonisés par les mollusques aquatiques dont certains faciliteront l'installation des bilharzioses.

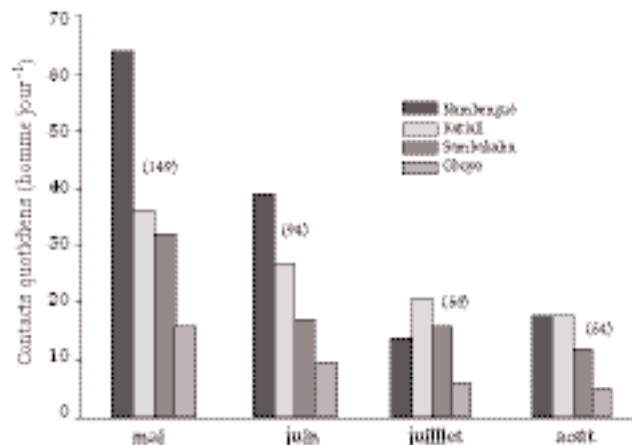
B. forskalii est une espèce omniprésente en Afrique qui s'adapte à des conditions écologiques très variables, d'où sa large distribution. Elle est rencontrée aussi bien dans les cours d'eau à faible écoulement que dans les retenues d'eau encombrées de débris et de végétaux aquatiques. Cette espèce n'a été rencontrée seule qu'à trois reprises, toujours dans des barrages extrêmement eutrophes. Son rôle dans la transmission des schistosomiasis humaines n'a toutefois jamais été montré en Côte d'Ivoire.

Dans les petits barrages, toutes les conditions malacologiques paraissent donc satisfaites pour que les parasites de la schistosomiase urinaire, s'ils sont introduits dans le milieu, puissent y réaliser la partie aquatique de leur cycle.

À l'inverse, la très faible distribution des *Biomphalaria* au sein des petits barrages étudiés pourra ultérieurement justifier les très faibles prévalences observées pour la bilharziose intestinale chez les populations riveraines utilisatrices des plans d'eau (Cecchi, ce volume).

Les passages répétés sur les mêmes sites à deux ans d'intervalle révèlent l'importante variabilité temporelle des peuplements de mollusques. Les fluctuations de densités constituent une caractéristique générale des populations d'hôtes intermédiaires (BROWN, 1980). Présentes une année, absentes une autre, les populations de mollusques subissent régulièrement des phénomènes d'extinction (VERA *et al.*, 1994). Les colonisations et recolonisations des milieux s'expliquent tant par leurs capacités de résistances aux conditions défavorables (BETTERTON *et al.*, 1988) que par la fréquence des événements de migrations (actifs et passifs) entre gîtes (MADSEN et FRANSEN, 1989).

FIG. 6 - Évolution saisonnière du nombre quotidien de contacts Hommes/Eau (seize jours d'observation par retenue et par mois ; le cumul pour les quatre retenues est indiqué entre parenthèses ; d'après BALDÉ, 1997).



À l'échelle saisonnière, et de façon reproductible, d'importantes fluctuations d'abondances des populations d'hôtes intermédiaires sont également observées, qui se traduisent par une *quasi-extinction des peuplements* en fin de saison sèche.

Les populations d'hôtes intermédiaires paraissent toutefois les plus abondantes dans les retenues, au moment où celles-ci font l'objet d'une fréquentation particulièrement soutenue (fig. 6).

Cette covariation facilite la transmission parasitaire, tant dans le sens de la contamination des mollusques par les hommes, que dans celui de l'infestation des hommes par les cercaires qu'émettent les mollusques.

Les suivis environnementaux effectués simultanément aux échantillonnages malacologiques n'ont pas permis de mettre en évidence de relation significative entre l'évolution des conditions de milieu et celle des communautés de mollusques.

En terme d'habitat, les petits barrages apparaissent comme des milieux faiblement oxygénés (2 à 3 mg l⁻¹), souvent marqués par d'importants écarts entre la surface et le fond et par des fluctuations nyctémérales importantes. Les températures moyennes sont élevées, notamment près des berges (> 35 °C). Les conductivités restent faibles (< 120 µS cm⁻¹) et ne révèlent aucune trace de salinisation des eaux. La faible charge des eaux de ruissellement en est responsable, de même que les échanges quasi constants entre les eaux libres et les eaux phréatiques. La transparence demeure très faible (30 cm environ) et s'explique en partie par les fortes biomasses en phytoplancton rencontrées dans la plupart des milieux. De nombreux lacs sont à tendance eutrophe, tout en demeurant peu productifs même lorsque de fortes biomasses végétales s'accumulent (Arfi *et al.*, ce volume), ce qui justifie pour partie le maintien des pH à des valeurs à tendance acide. Respiration et dégradation de cette biomasse contribuent en revanche à maintenir des taux d'oxygène peu élevés. Macrophytes et périphyton, toujours présents, contribuent à faire des petits barrages des habitats favorables au développement des mollusques (voir par exemple APPLETON 1978 ; LODGE, 1986 ; MADSEN, 1992 ; etc.).

Du fait de leur petite taille, les petits barrages sont en outre des écosystèmes extrêmement sensibles à diverses sources de perturbations susceptibles d'en modifier radicalement et surtout très rapidement les caractéristiques :

- variabilité à très court pas de temps des conditions climatiques. Pluies, coups de vent, voire tornades accompagnées ou non d'apports, sont autant d'événements susceptibles d'induire de brusques variations de niveau, de mettre en mouvement l'ensemble des masses d'eau, de redistribuer les sédiments, d'opacifier les milieux, ou encore d'exercer une

véritable pression mécanique sur tous les peuplements benthiques, dont les mollusques ;

– perturbations liées aux usages mêmes des masses d'eau (fréquentation par les troupeaux, piétinement, apports organiques, etc.), de leurs rivages (cultures maraîchères par exemple) ou encore de leurs bassins versants (pollutions ponctuelles ou diffuses par les xénobiotiques utilisés pour les cultures cotonnières par exemple).

Dans l'espace comme dans le temps, l'ensemble de ces facteurs et leurs combinaisons contribuent à définir l'habitat des mollusques. Les dynamiques de populations propres aux différentes espèces considérées (extinction/recolonisation) et d'autres éléments plus diffus et difficiles à appréhender à une échelle pertinente (utilisation des berges et des bassins versants ; érosion ; pollutions ; etc.) interfèrent également, complexifiant encore la situation. De façon générale, rares sont les études d'écologie qui se positionnent à l'échelle des gîtes.

Le fonctionnement d'un foyer local et la dynamique de la transmission s'appuieront donc sur des successions de populations, appartenant éventuellement à des espèces différentes. L'éradication des vecteurs par utilisation de molluscicides en sera rendue improbable, notamment parce qu'elle n'empêche pas l'éventuelle recolonisation du site après traitement (LARDANS et DISSOUS, 1998). Par ailleurs, ces dynamiques actives impliquent la nécessité de passages répétés pour des analyses de dynamiques des populations poussées. Concrètement, l'absence d'un taxon à un moment donné à un endroit donné n'a pas de signification épidémiologique dans la durée.

Les études de chronobiologie suggèrent la présence simultanée de différentes espèces de parasites (*S. haematobium* et *S. bovis*) au sein des plans d'eau. Les hybridations de ces deux parasites sont connues, même si la dangerosité des hybrides ne l'est pas (BREMONT *et al.*, 1993). Elles représentent à ce titre un *risque sanitaire potentiel*. L'isolement des points de contact Homme/Eau et Bétail/Eau serait une première mesure préventive pour limiter ce risque. Ce type de mesure est typiquement du ressort des autorités villageoises en charge de la gestion et de l'entretien des aménagements, mais suppose : 1) une efficace information des responsables concernés et 2) la reconnaissance de la légitimité de leur autorité par l'ensemble des usagers des aménagements, ce qui est encore loin d'être avéré.

Au moment de la création des aménagements et de la constitution des Comités de gestion, la Sodepra avait explicitement prévu la mise en œuvre de mesures prophylactiques¹ mais celles-ci n'ont été que fort peu suivies par les communautés concernées.

¹ « Sous la responsabilité de l'encadreur, [le Comité] effectue un ramassage consciencieux des mollusques à intervalle régulier (chaque mois). Les échantillons seront remis à l'Encadrement et envoyés au service biologique [de la Sodepra] pour analyse. » Extrait de *Entretien et gestion des barrages pastoraux*. Les comités de Gestion, note technique de la Sodepra, février 1985.

Conclusion

Les réservoirs à vocation pastorale, petits, nombreux et dispersés, représentent des sites favorables à la prolifération des mollusques hôtes intermédiaires des schistosomias. Les faibles effectifs de *Biomphalaria* recensés suggèrent une faible probabilité de transmission de la bilharziose intestinale dans les retenues pastorales. La situation est radicalement opposée pour la bilharziose urinaire : la présence en grande quantité, de façon permanente ou temporaire, de bulins de différentes espèces dont une fraction apparaît parasitée dans l'ensemble des retenues prospectées confirme le potentiel pathogène associé à la fréquentation de ces plans d'eau. Les densités de mollusques hôtes intermédiaires sont de plus les plus élevées au moment où les aménagements font l'objet d'une fréquentation particulièrement soutenue.

La dispersion des aménagements dans les zones rurales, jointe à la mobilité des opérateurs qui y séjournent (pasteurs et pêcheurs en premier lieu), génère une situation épidémiologique complexe : le foyer régional du nord de la Côte d'Ivoire correspond vraisemblablement à un ensemble de micro-foyers locaux, marqués par l'intensité des brassages de populations qui s'y rencontrent, qu'il s'agisse des hommes, des mollusques ou des parasites.

Références

- APPLETON C. C., 1978 – Review of literature on abiotic factors influencing the distribution and life cycles of bilharziasis intermediate host snails. *Malacol. Rev.*, 11: 1-25.
- BALDÉ S., 1997 – *Mollusques et schistosomoses dans les Petits Barrages du Nord de la Côte d'Ivoire*. Mémoire de DEA, CEMV, univ. Abidjan, Côte d'Ivoire, 65 p. + annexes.
- BETTERTON C., NDFON G., TAN R., 1988 – Schistosomiasis in Kano State, Nigeria. Field studies on aestivation on *Bulinus rohlfsi* (Clessin) and *B. globosus* (Morelet) and their susceptibility to local strains of *Schistosoma haematobium* (Bilharz). *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 82 : 571-579.
- BREMONT P., SELLIN B., SELLIN E., NAMÉOUA B., LABBO R., THÉRON A., COMBES C., 1993 – Arguments en faveur d'une modification du génome (introgression) du parasite humain *Schistosoma haematobium* par des gènes de *S. bovis*, au Niger. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 316 : 667-670.
- BROWN D. S., 1980 – *Freshwater snails of Africa and their medical importance*. London, Taylor and Francis Ltd, 587 p.
- KLOOS H., GAZZINELLI A., VAN ZUYLE P., 1998 – Microgeographical patterns of schistosomiasis and water contact behaviour; examples from Africa and Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 93 : 37-50.
- Large Dams and their alternative in Africa and the Middle East*, 1999 – Regional Consultation of the World Commission on Dams, 8-9 dec. 1999, Cairo, Egypt. Summary report, 72 p.
- LARDANS V., DISSOUS C., 1998 – Snail control strategies for reduction in schistosomiasis transmission (Review). *Parasitol. Today*, 14 : 413-417.
- LODGE D. M., 1986 – Selective grazing on periphyton: a determinant of freshwater gastropod microdistributions. *Freshwater Biology*, 16 : 831-841.
- MADSEN H., 1992 – Food selection by freshwater snails in the Gezira irrigation canals, Sudan. *Hydrobiologia*, 228 : 203-217.
- MADSEN H., FRANSEN F., 1989 – The spread of fresh water snails including those of medical and veterinary importance. *Acta Trop.*, 46 : 139-149.
- N'GORAN E., 1997 – *Biodiversité, transmission et épidémiologie de Schistosoma haematobium, Bilharz, 1852, et des schistosomoses apparentées en Côte-d'Ivoire*. Thèse de doctorat, univ. Perpignan, 220 p.
- N'GORAN E., BRÉMONT P., SELLIN E., SELLIN B., THÉRON A., 1997 – Intraspecific diversity of *Schistosoma haematobium* in West Africa: chronobiology of cercarial emergence. *Acta Trop.*, 66 : 35-44.
- OLDS G. R., DASARATHY S., 2001 – Recent Advances in Schistosomiasis. *Current Infectious Disease Reports*, 3 : 59-67.
- PAGÈS J.-R., THÉRON A., 1990 – Analysis and comparison of cercarial emergence rhythms of *Schistosoma haematobium*, *S. intercalatum* and *S. bovis*, and their hybrid progeny. *Int. J. Parasitol.*, 20 (2) : 193-197.
- PODA J.-N., TRAORÉ A., 2000 – « Situation des schistosomoses au Burkina Faso ». In CHIPPAUX J.-P. (éd.) : *La lutte contre les schistosomoses en Afrique de l'Ouest*, Paris, IRD Éditions, Coll. Colloques et Séminaires : 177-195.
- Report of the WHO informal consultation on schistosomiasis control*, 1999 – WHO/CDS/SIP/99.2, Genève, 45 p.
- SAMOURA J., 1996 – *Écodistribution des mollusques hôtes intermédiaires et situation épidémiologique des schistosomoses dans les Petits Barrages du Nord de la Côte d'Ivoire*. Mémoire de DEA, CEMV, univ. Abidjan, Côte d'Ivoire, 56 p.
- STURROCK R. F., 1993 – « The parasites and their life cycles ». In JORDAN P., WEBBE G., STURROCK R. F. (eds.) : *Human schistosomiasis*, Wallingford, CAB International : 1-32.
- SYMOENS J. J., BURGIS M., GAUDET J.-J., 1982 – *Écologie et utilisation des eaux continentales africaines*. Sér. tech. PNUE, 1, 212 p.
- VERA C., BREMOND P., LABBO R., MOUCHET F., SELLIN E., BOULANGER D., POINTIER J.-P., DELAY B., SELLIN B., 1994 – Seasonal fluctuations in population densities of *Bulinus senegalensis* and *B. truncatus* (Planorbidae) in temporary pools in a focus of *Schistosoma haematobium* in Niger: implications for control. *J. Mollus. Stud.*, 61 : 79-88.



Riverains
et exploitants

▲ Pasteur à Korokara.

Introduction

Gestion des petits barrages : des jeux d'acteurs complexes

Les aménagements hydro-agricoles, en tant qu'objet de recherche en sciences sociales, constituent un analyseur exceptionnel des relations « homme/nature » mais aussi des interactions induites par une innovation technique. En elles-mêmes, les retenues d'eau sont vues comme le résultat d'une action rationalisée de l'homme (pour l'homme) sur l'environnement. Mais cette intelligibilité des aménagements ne valorise pas les interférences perceptibles entre un environnement transformé et la proximité sociale. Or, c'est au niveau de cette interaction que la dimension socio-environnementale de la question du développement durable prend tout son sens.

L'idée de durabilité renvoie, dans un tel contexte, à l'équilibre entre la transformation de la nature en réponse aux besoins des hommes et la capacité des communautés à intégrer, dans la régulation de ses usages, le souci de l'exploitation durable de la ressource. Au-delà des changements induits dans et sur les communautés par l'aménagement (Cecchi et Yté Wongbé, ce volume), l'objet de l'implication des sciences sociales dans le projet Petits Barrages était non seulement de rester attentif aux logiques sociales et économiques à l'œuvre dans les différentes formes d'exploitation (pêche, maraîchage, élevage) des petits barrages, mais aussi de s'interroger sur les chances de pérennité, tant des aménagements eux-mêmes que des usages divers dont ils sont l'objet, à travers les modes de régulation mis en place.

En cela, l'expérience s'est révélée enrichissante parce que porteuse d'enseignements pour les politiques publiques de développement qui se veulent de plus en plus participatives et délocalisées (McTAGGART, 1997 ;

GUSTAVSEN, 2002). Mais quelles leçons ? Celles-ci ne peuvent être comprises que par rapport à la situation de départ autrement et succinctement présentée.

La situation de départ

Les petits barrages sont des innovations techniques nées d'un volontarisme politique. En tant qu'infrastructures socioéconomiques, ils sont le résultat d'une décision politique explicitement motivée avec, d'une part, la volonté de développer la production bovine en Côte d'Ivoire en stabilisant le cheptel transhumant en provenance des pays sahéliens frontaliers (Burkina Faso et Mali), et, d'autre part, le souci d'accroître la disponibilité halieutique par l'empoissonnement des eaux et l'implication des populations autochtones dans l'activité de pêche. L'exploitation de cet équipement s'est étendue plus tard à la production agricole : culture vivrière et maraîchage (Fromageot, ce volume).

Ces retenues d'eau ont été créées par la Sodepra qui, dans la foulée des réformes institutionnelles qu'exigeait la mise en œuvre des politiques d'ajustement structurel, a dû se désengager en 1994 avant de se fondre elle-même dans l'Anader.



Entrée de la digue du réservoir de Katiali. Remis « clé en main » aux communautés rurales riveraines par la Sodepra, ces ouvrages s'accompagnaient de consignes de gestion précises et parfois drastiques. Le panneau apporte deux informations : le barrage est doté d'un statut (et d'interdits) ; l'État (au travers de la Sodepra) est présent et affirme ses prérogatives.

Dès le départ, la gestion du projet reposait sur un schéma « clé en main » fortement encadré laissant quelques marges à l'idée de gestion locale participative de l'équipement, en tant que dispositif institutionnel de substitution. Mais cette ingénierie sociale à peine élaborée a vite montré ses limites. Après le désengagement de la Sodepra, le défaut d'encadrement s'est soldé par une exacerbation des tensions, conflits, compétitions, etc., existant certainement déjà, mais régulées – au moins en partie – par l'encadrement. Cela étant, de toute évidence, la modulation des conflits fonciers n'aurait pas échappé aux pressions sociopolitiques exercées. Ces pressions trouvent leurs fondements tant dans les dynamiques démographiques, les retombées (directes ou induites) du PFR¹, la « nouvelle loi foncière » que dans la rhétorique ethno-nationaliste, source de crispations identitaires, véhiculée depuis les années 1990 aussi bien par les médias que par les pouvoirs publics en premier lieu au travers de la volonté « d'ivoirisation des secteurs productifs » (CHAUVEAU, 2000 ; AKINDÈS, 2004).

¹ PFR : Plan foncier rural qui correspond au recensement par l'Etat des droits fonciers existants et à la cartographie du parcellaire associé.

Sans y avoir été préparés, les villageois se sont donc trouvés confrontés aux incertitudes liées à la coordination de l'action collective dans un contexte de « règles de jeu » mal définies. La lecture de *vingt années d'interactions sociales autour de ces retenues d'eau* dans le nord du pays permet de tirer quelques enseignements sociologiques.

Des aménagements qui contribuent inévitablement à une recomposition des règles du jeu social

Dans le nord de la Côte d'Ivoire, la fonction politique du droit foncier est un truisme (BASSETT, 1993 ; 2002). La trame des droits fonciers constitue un instrument politique de régulation sociale. Or, les cadres juridiques traditionnels ne permettent pas de définir le statut d'un aménagement comme un petit barrage. Par l'indétermination de leur statut et en regard du droit foncier coutumier, les petits barrages introduisent donc des perturbations dans les fondements et l'interprétation du droit coutumier. Un intérêt de la contribution de Coulibaly *et al.* (ce volume) a été d'avoir montré en quoi les retenues d'eau, résultat d'une intervention humaine sur l'environnement naturel considéré coutumièrement comme « bien des premiers occupants », brouillent les critères de définition de propriété selon les traditions locales. Le barrage, qui ne peut plus être complètement confondu au bien premier qu'est la terre qui l'abrite, se trouve être désormais pris entre deux modes de législation : le droit coutumier et le droit émanant de la force de l'État à imposer les règles de gestion d'une ressource qu'il a créée.

Dans l'imaginaire collectif, la terre continue d'appartenir aux autochtones, les retenues d'eau aussi, puisque les riverains se définissent comme les bénéficiaires des ressources – l'eau en premier lieu – associées à la présence des barrages, mais les infrastructures (digues, déversoirs, etc.) installées sur ces terres continuent d'appartenir à l'État. À charge notamment pour lui d'en assurer l'entretien et donc la pérennisation (si tant est que cette notion de pérennisation soit partagée par les paysans riverains ?) : *La terre est à nous mais pas les barrages.*

Mais peut-on envisager de séparer le statut de la terre de celui des barrages, étant entendu qu'au sens strict du terme, le barrage « barre » la rivière pour constituer une réserve, un réservoir ou une retenue ?

Les communautés en présence, confrontées à des situations nouvelles d'une telle complexité, réinventent la trame de leurs relations par la négociation (modèles d'arbitrage des conflits fonciers) et de nouveaux compromis (modalités diverses de partage des bénéfices de l'exploitation des ressources). Ces compromis créent des droits nouveaux par le fait de l'accoutumance.

Tandis que le contrôle des dividendes générés par l'exploitation halieutique des petits barrages fait principalement l'objet d'une compétition entre les générations (Coulibaly *et al.*, ce volume), l'introduction des possibilités de mise en valeur des zones périphériques des barrages contribue à une renégociation des relations de genre. Le fait pour les femmes d'accéder au foncier à des fins de production agricole et les opportunités de gain d'argent associées au maraîchage qu'elles y ont développé (Fromageot, ce volume) réduisent leur dépendance économique vis-à-vis des hommes, en même temps qu'elles modifient leur rôle, notamment dans la prise en charge économique de certaines dépenses à caractère familial, traditionnellement dévolues aux chefs de famille.

La faible contractualisation de la gestion des petits barrages devient alors source de changement social par le jeu des renégociations de rapports sociaux au sein des communautés en interactions.

L'identification des acteurs et des logiques d'intérêts dans une définition réaliste des contrats de gestion

Initialement, le contrat clé en main envisagé par la Sodepra n'impliquait que trois catégories d'acteurs. La Sodepra elle-même représentait l'État appelé à se désengager de la gestion de l'équipement. Les comités de gestion représentaient l'intérêt des communautés propriétaires des

**Barrage de Mamourou,
au nord de Ferkéssédougou.
La pirogue monoxyle
a été fournie par le Comité
de gestion, qui contrôle
l'activité halieutique.
Les pêcheurs - souvent maliens
ou burkinabé, désignés sous
le terme générique de « bozo » -
ne disposent que de peu
de marge de manœuvre
pour tirer parti au mieux
d'une activité qui, par ailleurs,
n'est pas pratiquée
par les autochtones.**



terres. Les usagers constituaient la troisième catégorie, parmi lesquels les éleveurs, supposés être les destinataires principaux des aménagements, et les pêcheurs, dont une part importante des recettes, suivant le principe de la « rémunération à la proportionnelle », devait rétribuer les comités de gestion chargés de l'entretien et de la conservation des infrastructures hydrauliques. La tolérance des cultures consacra plus tard une quatrième catégorie : les agriculteurs impliqués dans la culture maraîchère en périphérie des retenues et les propriétaires des champs de vivriers pratiqués en association comme culture de contre-saison.

Mais à l'expérience, le champ social de l'exploitation des petits barrages, vu sous l'angle de la sociologie des intérêts, s'est révélé être plus composite. Y interagissent des acteurs aux identités plurielles et aux logiques sociales contradictoires, construites au cours de la mise en place des formes d'exploitation et autour de l'enjeu du partage des rentes liées à l'exploitation halieutique. Or, le montage institutionnel de la gestion de l'équipement fut plus inspiré par une vision communautaire que par la prise en compte des logiques d'intérêt en présence. Finalement, sur un fond d'illusion de professionnalisation de Nationaux dans l'activité halieutique, les rentes captées par les comités de gestion ne sont qu'exceptionnellement réinvesties dans l'entretien des barrages, et jamais dans l'aménagement de la pêche. Mieux, les travaux de KOFFI (1992) montrent que, concrètement, les rentes captées par les comités accaparent

le produit de l'exploitation, au détriment de la rémunération des facteurs de production eux-mêmes, car aucune des sommes perçues n'est réinvestie par les comités dans l'activité halieutique. La situation est là encore ambiguë, puisque dans le cas précis de l'activité halieutique le comité se substitue (a été substitué) aux institutions (Eaux et Forêts) en place partout ailleurs et chargées normalement de la perception des taxes d'exploitation...

L'on se retrouve en face d'un contexte où le manque de rigueur dans l'identification des acteurs conduit à la définition d'une forme de contrat de gestion qualifiée d'imprécise qui ne tient pas compte de tous les intérêts en présence et qui, de ce fait, ne favorise pas une coopération en faveur d'une exploitation durable de la ressource en situation d'usages pluriels.

L'exploitation durable de la ressource est donc compromise et la logique de l'investissement public est contrariée dans ses objectifs initiaux, d'une part, en raison du statut non clarifié de l'équipement et, d'autre part, en raison du déficit de contractualisation. Non seulement ces deux facteurs sont sources de tension permanente entre les communautés, mais ils compromettent de plus les chances de bénéfice durable de tels équipements collectifs dédiés au développement local.

L'analyse sociologique des interactions sociales autour des petits barrages renforce l'idée que la gestion participative des ressources est un long processus d'apprentissage collectif, mais à condition qu'il y ait un contrat minimal (GAUDIN, 1999) qui organise les interactions autour de la ressource. Il est important de le souligner car, en Côte d'Ivoire comme dans la plupart des pays de la sous-région, la vague des politiques de décentralisation fixe désormais l'échelle locale comme niveau d'intervention prioritaire dans les futures politiques publiques de développement. Et dans ce nouveau schéma institutionnel, l'identification participative des besoins par les principaux bénéficiaires de l'action et des investissements devient un passage obligé dans l'élaboration des plans de développement local (PLATTEAU, 2004).

Conclusion

En Côte d'Ivoire, dans les plans de gestion de terroirs villageois, on constate que la demande sociale de retenues d'eau se positionne bien dans la hiérarchie des besoins d'équipements collectifs exprimés. Ce ne sont plus seulement les conditions d'aridité ou le besoin d'eau qui justifient cette demande, mais également l'intérêt croissant pour les ressources induites par l'eau rendue disponible par les aménagements.

Alors que certains barrages et réservoirs, hérités de projets anciens, ne sont pas encore vraiment entrés dans la comptabilité sociale des patrimoines locaux des communautés riveraines, la demande pour la création de nouvelles retenues reste toujours aussi forte à l'échelle régionale.

Que représentent aujourd'hui les petits barrages pour les paysans ? Une infrastructure « tombée du ciel », « un projet parmi d'autres », « un projet comme un autre », un « machin »... ?

Finalement, les stratégies d'acteurs ne peuvent-elles pas se résumer en quelques mots comme suit : « L'aménagement est là, tirons-en le meilleur profit ; et durera ce que durera la situation. »

Pour une meilleure évaluation des dynamiques participatives autour des petits barrages, un facteur, et non des moindres, lié aux conditions d'émergence de ces aménagements mérite d'être souligné : *les petits barrages ne furent pas une demande des paysans*. Pour preuve, en réponse à l'offre des pouvoirs publics, certaines communautés villageoises ont opposé un refus catégorique de voir édifier un barrage sur leur terroir, au motif de ne pas rendre ce terroir attractif pour les troupeaux, par crainte des dégâts de cultures. Les logiques d'exploitations des acteurs analysées par les différentes contributions, particulièrement celles de Coulibaly *et al.* (ce volume), ne sont certainement pas étrangères à cette absence de demande sociale dès le départ.

En revanche, les nouvelles vagues de barrages s'édifient dans une situation diamétralement opposée : d'une part, les demandes sont explicites, quelles qu'en soient les justifications ; d'autre part, les communautés sont tenues de participer financièrement à l'investissement pour que leur demande soit appuyée, voire subventionnée par l'État (dans le cas des projets FRAR² ou bientôt du PNGTER³, par exemple). Ces nouvelles conditions d'émergence de barrages peuvent contribuer à modifier le rapport des communautés aux équipements. Elles peuvent également faciliter une meilleure contractualisation des acteurs concernés et, à terme, favoriser une exploitation raisonnée – et supposée raisonnable – des ressources.

Il est cependant recommandable que les leçons tirées de l'expérience de gestion des petits barrages dans le nord du pays soient prises en compte. Elles laissent deviner les difficultés de gestion en perspective et informent sur les précautions méthodologiques et institutionnelles à envisager pour que les retenues d'eau et leur gestion sociale entrent effectivement dans un schéma de développement durable.

² Fonds régionaux d'aménagements ruraux.

³ Programme national de gestion des terroirs.

Références

- AKINDÈS F., 2004 – *The roots of the military-political crises in Côte d'Ivoire*. Suède, Uppsala, Nordiska Afrikainstitutet, Research report n° 128, 46 p.
- BASSETT T., 1993 – « Land Use Conflicts in Pastoral Development in Northern Côte d'Ivoire ». In BASSETT T. and CRUMMEY D. (eds.) : *Land in African Agrarian Systems*, Madison, Univ. of Wisconsin Press : 131-156.
- BASSETT T., 2002 – « Patrimoine et territoires de conservation dans le Nord de la Côte d'Ivoire ». In CORMIER-SALEM M.-C., JUHÉ-BEAULTON D., BOUTRAIS J., ROUSSEL B. (éd.) : *Patrimonialiser la nature tropicale. Dynamiques locales, enjeux internationaux*, Paris, IRD Éditions : 323-342.
- CHAUVEAU J.-P., 2000 – Question foncière et construction nationale en Côte d'Ivoire. *Politique africaine*, 78 : 94-125.
- GAUDIN J.-P., 1999 – *Gouverner par contrat. L'action publique en question*. Paris, Presses de Sciences Po, 240 p.
- GUSTAVSEN B., 2002 – « Theory and Practice: the Mediating Discourse ». In REASON P. and BRADBURY H. (eds.) : *Handbook of Action Research. Participative Inquiry and Practice*. London, Sage Publications : 17-26.
- IDESSA, 1992 – *Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du Nord de la Côte d'Ivoire. Rapport préliminaire. Projet « Petits Barrages »*, CI/CRDI, CNRA Bouaké, Côte d'Ivoire, 181 p.
- KOFFI C. 1992 – « Aspects socio-économiques des pêches et de la commercialisation des ressources des plans d'eau hydro-agro-pastoraux du Nord de la Côte-d'Ivoire ». In IDESSA (éd.) : *Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du Nord de la Côte-d'Ivoire*, CNRA, Bouaké, Côte d'Ivoire : 143-163 + annexes.
- McTAGGART R. (ed.), 1997 – *Participatory Action Research. International Contexts and Consequences*. Albany, New York, State University of New York Press, 283 p.
- PLATTEAU J.-P., 2004 – « Decentralized Development as a Strategy to Reduce Poverty ». In Agence française de développement (éd.) : *Poverty, Inequality and Growth*, proceedings of the AFD/EUDN Conference 2003, Paris, AFD, Notes et Documents n° 10 : 253-330.

Pastoralisme et stratégies d'acteurs locaux : pluralisme de règles et conflits

Amara Coulibaly

Hadja Anziata Ouattara

Philippe Cecchi

La création dans les années 1980 d'environ 300 barrages à vocation exclusivement pastorale dans le nord de la Côte d'Ivoire est l'un des effets de la politique volontariste de développement de l'élevage alors mise en œuvre par le gouvernement ivoirien à travers la Sodepra. Plusieurs vagues successives de migrations de pasteurs étrangers vers la Côte d'Ivoire s'étaient déjà succédé à partir des années 1960, avec des déplacements rapides et temporaires en années difficiles (BOUTRAIS, 1994). Les sécheresses des années 1970, puis 1980, avaient par la suite montré des transferts importants de cheptel vers les zones soudaniennes, mais qui se sont révélés correspondre à des glissements de populations nettement plus durables (ANCEY, 1994). Les dispositions d'accueil exceptionnelles – dont les petits barrages – alors mises en œuvre par la Côte d'Ivoire sont fondamentales pour expliquer le maintien d'une situation (gestion d'une crise climatique) qui aurait pu n'être que transitoire (COULIBALY, 2003). En visant à terme l'intégration des pasteurs peuls dans les systèmes de production nord-ivoirien, l'intervention publique a tenté de mettre l'accent sur la complémentarité des activités agricoles et des pratiques pastorales apportées par les Peuls. Il s'agissait globalement de réduire les importations de viande bovine, mais également localement d'apaiser les tensions sociales entre pasteurs et agriculteurs, le second point étant fondamental pour que puisse être atteint le premier (BASSETT, 1993).

Aujourd'hui, la mise en œuvre de nouveaux projets de barrages s'explique d'abord par les réelles opportunités agricoles que génèrent ces retenues d'eau, autour desquelles les paysanneries riveraines développent des activités économiques localement nouvelles et souvent rémunératrices : maraîchage marchand et autres cultures vivrières (feuilles, maïs, tabac, etc.).

Introduction



Cases et greniers d'un petit village sénoufo. Le manguié, récemment planté, indique une ferme volonté d'appropriation du lieu. La charrue à traction animale (visible au premier plan) a contribué considérablement à l'extension spatiale des aires cultivées dans toutes les zones sahélo-soudaniennes d'Afrique de l'Ouest.

Les barrages sont ainsi devenus l'objet d'enjeux sociaux et économiques nouveaux et reconnus, qui s'expriment par les stratégies concurrentes des acteurs en présence, dans un contexte de pluralisme de règles de gestion des ressources. Les petits barrages, en modifiant tant la valeur économique que symbolique des espaces, et en cristallisant les concurrences locales entre stratégies d'appropriation foncière (LAVIGNE DELVILLE et BOUCHER, 1995), sont ainsi aujourd'hui au centre d'enjeux de pouvoirs renforcés par les ressources qu'ils contribuent à générer.

L'anthropologie du développement a souvent analysé comment la mise en œuvre d'un projet en milieu rural peut susciter des réactions diverses voire antagonistes de la part des populations locales (DE SARDAN, 1995). Nous nous proposons dans cette étude d'analyser les comportements des populations villageoises en rapport avec les barrages. Il s'agira notamment d'appréhender les rapports sociaux qui se nouent entre les individus autour de l'accès et du contrôle des ressources générées par ces aménagements.

L'analyse s'appuie sur l'approche des stratégies d'acteurs qui prend en compte les relations de pouvoir entre les individus et propose une interprétation du comportement humain comme l'expression d'une stratégie dans un jeu, un ensemble de contraintes (CROZIER et FRIEDBERG, 1981). Elle implique l'hypothèse selon laquelle l'appropriation effective d'un « projet barrage » résulte non des règles instituées ou prescrites mais des rapports de pouvoir entre des acteurs locaux aux intérêts divers.

Concrètement, nous montrerons comment et pourquoi les ressources associées à la présence des barrages et à leur exploitation ont été réappropriées par des opérateurs initialement exclus de leur gestion.

Ce texte procède d'une investigation focalisée sur les modalités de gestion des barrages et menée auprès des différentes catégories d'acteurs concernées : éleveurs, agriculteurs, membres des comités de gestion, agents locaux des services administratifs et d'encadrement agricole, chefs de village et chefs de terre. L'investigation a été menée de façon périodique de 1996 à 1998 sur une cinquantaine de barrages choisis en fonction de leur fréquentation par les éleveurs et de la pratique d'activités agricoles sur leur périphérie.

L'édification des barrages a été accompagnée de règles et consignes formalisées par la Sodepra et qui devaient définir les modalités d'accès aux ressources autour d'aménagements dont la vocation pastorale était explicite¹. La Sodepra a ainsi initié la mise en place dans chaque village d'un comité, créé et mandaté pour assurer la gestion des lacs, mais le plus souvent au détriment des institutions socio-foncières déjà en place au sein des populations autochtones riveraines. Ces comités se sont vus confier les charges inhérentes à l'entretien et à la conservation des aménagements, tandis qu'ils étaient par ailleurs les destinataires privilégiés des revenus tirés de l'exploitation halieutique des réservoirs². La pêche artisanale a généralement été confiée à des pêcheurs migrants, communément appelés *Bozo* car souvent originaires du delta central du Niger au Mali, qui ont négocié un droit de pêche avec le comité de gestion. Variable d'un village à l'autre, ajustable selon l'intensité des captures et (ou) la contribution du comité à la fourniture des engins de pêche, ce droit de pêche est payé en nature (partage des prises de poisson) ou en argent (paiement d'une taxe forfaitaire mensuelle ou par jour de pêche). La norme en usage sur de nombreux barrages correspond à une rémunération à la proportionnelle (1/3 du produit au pêcheur ; 2/3 au comité). Un barrage correctement empoissonné, où les pêches sont bien organisées et structurées, peut fournir au comité un revenu mensuel substantiel, variant de 60 000 à 120 000 F CFA³ (KOFFI, 1992). À ce titre, l'empoissonnement des barrages et la promotion des activités halieutiques à partir de 1983 ont pu être perçus comme des « mesures compensatoires » pour les populations autochtones (CECCHI, 1998). Les sommes d'argent obtenues des redevances des pêcheurs sont censées être utilisées par le comité de gestion pour entretenir les barrages (voir plus bas) et financer

Le pluralisme de normes et de règles de gestion comme source de contradictions diverses

¹ « Les barrages réalisés par les différents services de la Sodepra ont une vocation pastorale absolument prioritaire. (...) Cependant d'autres activités secondaires peuvent se développer autour de ces plans d'eau : pisciculture intensive en étang, élevages associés, cultures de décrue, maraichage. (...) Toute nouvelle activité autour des barrages doit être soumise à l'autorisation préalable de la Sodepra. Les barrages réalisés par la Sodepra restent la propriété inaliénable de la Sodepra, même si la surveillance en est confiée à un Comité de Gestion. » Extrait de *Entretien et gestion des barrages pastoraux. Les comités de Gestion*, note technique de la Sodepra, février 1985 (ce sont les auteurs de cette note qui soulignent). In CECCHI, 1998.

² « Partant du fait que ce sont les cultivateurs qui encourent une perte de terrain cultivable par suite de la construction du barrage, il serait judicieux de leur proposer la surveillance et l'entretien de l'ouvrage, ce qui leur donne accès au revenu piscicole en priorité. » Extrait de *Entretien et gestion des barrages pastoraux. Les comités de Gestion, ibid.*

³ Ce revenu représente environ 2 à 4 fois le Smig (chiffres d'avant la dévaluation de 1994).

des micro-projets d'intérêt collectif dans le village tels que la réparation des fontaines et des édifices publics.

Par ailleurs, la création des barrages a suscité dans de nombreux villages, spontanément ou sous l'égide d'autres projets de développement, l'essor de cultures maraîchères marchandes implantées sur les périphéries des lacs et principalement destinées aux marchés urbains (FROMAGEOT, 2003). L'émergence de ces cultures maraîchères (oignon, tomate et autres condiments) initialement pratiquées en saison sèche, a été incitée dans certains villages par la CIDV⁴, en contradiction toutefois avec les consignes évoquées ci-dessus d'interdiction des pratiques agricoles. Quoique non avisés par la CIDV de la mise en œuvre de ces projets maraîchers, les services de la Sodepra durent assouplir leur réglementation en tolérant les pratiques agricoles. Ils réussirent cependant à instaurer le principe selon lequel les dégâts qui seraient éventuellement causés par le bétail dans ces parcelles maraîchères ne pourraient être dédommagés.

⁴ CIDV : Compagnie ivoirienne de développement des vivriers ; autre structure étatique d'encadrement agricole.

En parallèle à cette réglementation dite officielle, les systèmes fonciers coutumiers sont demeurés les cadres référentiels des pratiques agricoles des populations locales (FÖRSTER, 1998). En particulier, les principes coutumiers qui régissent l'activité pastorale dans les sociétés autochtones de la région, qu'il s'agisse des Sénoufo ou des Malinké⁵, s'articulent, d'une part, autour de la gestion des troupeaux de bétail, et, d'autre part, autour du contrôle et des usages des ressources pastorales, eau et pâturages naturels. La gestion des troupeaux repose sur les fonctions d'un chef de parc dont les responsabilités se résument aux tâches principales de gardiennage du bétail et d'entretien du parc. Quant à celle des ressources pastorales, elle fait partie intégrante de la gestion du foncier en général et relève de la compétence du chef de terre.

⁵ Sénoufo et Malinké sont les deux ethnies autochtones du nord de la Côte d'Ivoire qui gèrent coutumièrement le foncier.

Le chef de terre détient par héritage (matrilinéaire chez les Sénoufo, patrilinéaire chez les Malinké) les responsabilités de gérer le patrimoine foncier lignager. Sans en être le véritable propriétaire, il joue cependant un rôle prépondérant dans la prise de décision concernant l'attribution des droits d'usage du sol et des ressources naturelles aux exploitants. Ces droits d'usage se négocient à travers des démarches protocolaires qui varient d'un groupe ethnique à l'autre, d'un village à un autre, voire d'un chef de terre à un autre. D'une manière générale, les demandes d'accès à la terre dans les villages sénoufo et malinké s'accompagnent de dons symboliques (bûche, volaille, cola) parfois économiquement importants. La valeur de ces dons dépend en réalité de la nature des relations sociales qui lient le chef de terre à l'intermédiaire sollicité pour l'occasion, ou au demandeur lui-même en cas de demande directe. Par le passé, le droit

d'accès aux pâturages naturels était accordé aux éleveurs après une simple demande verbale. De nos jours, les demandes d'installation des éleveurs sont souvent accompagnées d'un bovin.

La juxtaposition des pratiques et règles introduites par les projets de développement à celles des systèmes fonciers coutumiers apparaît comme source de contradictions et pose le problème de la légitimité des gestionnaires des barrages : qui des comités de gestion ou des chefs de terre est finalement habilité à gérer les barrages ? Et selon quelle réglementation ? La réponse à ces interrogations est à rechercher dans les pratiques effectives des acteurs, lesquelles sont émaillées de litiges et de clivages sociaux qu'il convient d'analyser.

La création des barrages pastoraux dans les espaces ruraux a certes favorisé le développement d'activités rémunératrices, mais elle a aussi engendré des confrontations entre les différentes catégories d'acteurs en présence. Ces confrontations sont de deux ordres : d'une part, des conflits de pouvoir autour du contrôle des barrages opposant les principaux acteurs du comité de gestion à ceux des institutions foncières coutumières, et d'autre part, des conflits à propos des usages des ressources, entre genres à l'intérieur des communautés autochtones, et entre agriculteurs et éleveurs.

L'objectif assigné aux comités de gestion était moins de gérer les redevances des pêcheurs que d'entretenir les barrages afin de permettre leur exploitation durable. C'est pourquoi il fut préconisé lors de leur création que ces comités soient formés en majorité de jeunes gens valides, capables de mobiliser les autres jeunes villageois pour effectuer les travaux d'entretien. Ces travaux consistaient à ramasser les mollusques en bordure du plan d'eau, à contribuer à la création de voies d'accès à l'eau pour le bétail, à entretenir les déversoirs, à surveiller la digue, à la désherber, éventuellement la dessoucher, à la protéger contre les montées du bétail et à colmater les fissures provoquées par l'érosion. Le mode de désignation effectif des membres du comité divergeait d'un village à un autre. Dans certains villages, les agents locaux de la Sodepra choisirent les exploitants des bas-fonds expropriés suite à la mise en eau du réservoir, que l'on imaginait ainsi dédommager. Dans d'autres cas, en revanche, le comité fut constitué avec des jeunes gens volontaires, dont certains avaient pris une part effective aux travaux d'édification du

Compétitions pour l'accès et le contrôle des ressources et stratégies d'acteurs locaux

Conflits de pouvoir entre comités de gestion et autorités coutumières villageoises



Ravines creusées par l'érosion pluviale sur la digue du barrage de Kaoura, au nord de Ouangolodougou.

barrage. Au demeurant, jamais les bénéficiaires explicites – les pasteurs – n'ont été partie prenante de ces comités : « Il est clair que [l'opération] concernait bien davantage les troupeaux (...) que ceux qui les possèdent ou les gardent. » (ARDITI, 1990).

En se positionnant comme la structure officielle auprès de laquelle usagers et exploitants devaient désormais négocier les droits d'accès aux ressources, le comité excluait de fait les autorités villageoises qui géraient les sites avant leur aménagement⁶. Le comité conférait en outre de réelles responsabilités à des jeunes gens qui ne pouvaient, dans les sociétés rurales gérontocratiques, prétendre traditionnellement à une telle promotion sociale. Plus que le comité, c'est la légitimité de ces jeunes gens, notamment à manipuler les importantes sommes d'argent générées par l'exploitation halieutique des barrages, qui a fréquemment été remise en cause par les autorités villageoises. Celles-ci ont usé de leurs pouvoirs locaux pour rapidement imposer leur mainmise sur la

⁶ Il convient de préciser que les personnes expropriées et choisies comme membres des comités n'étaient pas forcément les détenteurs du droit de propriété coutumière des sites qu'elles exploitaient.

gestion des barrages. Dans de nombreux villages, en effet, ces autorités sont parvenues à faire dissoudre les comités par les agents de la Sodepra, et soit se sont directement attribuées les responsabilités de gestion, soit ont réussi à instaurer un nouveau comité composé de villageois qui leur étaient assujettis. Alors que dans le village de Nambengué par exemple, c'est le chef de village qui préside de fait le comité de gestion, dans celui de Korokara en revanche, les deux chefs de terre ont confié la gestion des barrages à leurs fils et neveux, devenant ainsi indirectement les vrais gestionnaires des aménagements. Ces autorités villageoises sont souvent accusées de détourner les fonds collectés par les comités, sans toutefois que l'on puisse les écarter de la gestion effective des barrages. L'une des conséquences immédiates de cette logique de réappropriation locale des barrages est la démotivation des populations villageoises, qui refusent désormais de participer volontairement aux travaux d'entretien. *Qui, affirmait un paysan, abandonnerait ses travaux personnels, même pendant une journée, pour entretenir des barrages dont on ne sait où vont les revenus qu'ils génèrent ?*

Les activités agricoles, qui étaient initialement pratiquées en contre-saison sur les périphéries des barrages, s'étendent maintenant sur toute l'année, le maraîchage faisant place, pendant l'hivernage, à des cultures vivrières comme le riz et le maïs souvent conduits en association. Les opportunités de revenus substantiels que génèrent ces activités agricoles sont source d'une compétition entre hommes et femmes à propos de l'accès au sol, mais aussi à propos de la répartition des revenus. L'émancipation des femmes, par leur accès à une activité monétarisée et rémunératrice, était un produit attendu explicite inscrit dans les objectifs des projets de développement des activités maraîchères, et qui s'est concrètement traduit par une adoption souvent massive de cette activité nouvelle. Outre leur contribution aux dépenses journalières du foyer conjugal, les femmes investissent les recettes tirées de cette exploitation dans des biens de prestige afin d'accomplir des devoirs socialement valorisés, comme par exemple offrir à leurs filles des pagnes et des ustensiles de cuisine à l'occasion de leur mariage (OUATTARA, 1996). Certaines d'entre elles parviennent même, après plusieurs années, à acheter des bovins qu'elles confient à des éleveurs. L'augmentation du pouvoir d'achat des femmes est cependant perçue par leurs époux comme un facteur remettant en cause leur autorité dans le foyer. *Lorsqu'une femme commence à avoir beaucoup d'argent, commente l'époux d'une maraîchère, elle a tendance à ne plus respecter son mari, encore moins à se soumettre à lui.*

Accès au foncier, répartition des revenus agricoles et relations de genre

Les hommes ont eu tendance alors à se désengager des charges de la « popote », à contrôler les activités de leur(s) épouse(s), voire parfois à exiger que leur soit reversée une partie des revenus de ces dernières. En d'autres occasions, par ailleurs, en s'adonnant eux-mêmes à ces activités agricoles, ils ont développé aussi des stratégies préventives qui leur permettent de supporter les mauvaises campagnes cotonnières. Dans de nombreux cas, les populations cibles des projets de développement (femmes jeunes) ont de fait été écartées au profit d'opérateurs (femmes âgées, hommes) qui se sont progressivement réappropriés parcelles, techniques culturales et revenus (FROMAGEOT, 1996 ; 2003).

Litiges agriculteurs-éleveurs

Les litiges qui opposent les éleveurs aux agriculteurs surviennent à la suite des dégâts causés par le bétail dans les champs. Quoique ces dommages soient des motifs pertinents d'indignation, les raisons profondes des litiges sont à rechercher dans la crise foncière résultant du pluralisme de normes et de règles de gestion des ressources naturelles. Il convient toutefois de distinguer deux principales « arènes » de confrontation entre agriculteurs et éleveurs.



Champ d'ignames en culture sur billons. Cette culture consiste à faire pousser les tubercules en rangées sur des buttes régulièrement espacées, pour drainer au mieux le ruissellement des pluies et favoriser l'alimentation des racines. L'igname est avec le maïs l'une des bases alimentaires des populations rurales du nord de la Côte d'Ivoire.

Stockage du maïs.

La farine de maïs délayée avec de l'eau fournit la base alimentaire quotidienne d'une large fraction des populations rurales. Le tô ainsi préparé est parfois accompagné d'une sauce plus ou moins riche en légumes, viande ou poisson, épices et condiments.



La première arène, qui existait avant la création des barrages pastoraux, est relative aux dégâts perpétrés dans les champs de cultures vivrières et de cultures de rente (coton). Les litiges que l'on enregistre à ce niveau sont très réguliers et ont pu donner lieu par le passé à des affrontements sanglants. Aussi, en 1974, le gouvernement a-t-il créé des commissions de règlement de ces conflits⁷. Il est préconisé qu'en cas de dégâts de cultures, les protagonistes tentent d'abord de résoudre leur différend auprès de la commission villageoise, présidée par le chef de village et quelques notables. Si les négociations n'aboutissent pas à une solution consensuelle, alors le litige doit être transféré auprès de la commission sous-préfectorale présidée par le sous-préfet. Dans ce dernier cas, après audition des différentes parties en litige, des agents techniques de l'agriculture procèdent au constat et à l'estimation des dégâts. En principe, lorsque la responsabilité de l'éleveur est établie⁸, il dispose pour dédommager le plaignant d'un délai de huit jours, qui concrètement s'étend parfois à trois mois au bout desquels le sous-préfet saisit un nombre raisonnable de bovins qu'il vend

⁷ Au plan local, une commission fut créée dans chaque village et une autre dans les chefs-lieux de sous-préfecture. Au niveau régional, une troisième fut établie dans les chefs-lieux de préfecture pour intervenir dans les cas extrêmes où des communautés entières s'affrontent.

⁸ La responsabilité de l'éleveur est normalement dérogée dans les seuls cas où l'agriculteur a expressément établi son champ à proximité d'un parc à bétail.

aux enchères pour dédommager l'agriculteur. Il convient de souligner que ce processus de règlement des affaires est très avantageux pour les agriculteurs, car il leur permet d'obtenir des sommes d'argent atteignant environ le double du revenu qu'aurait pu générer la surface endommagée. Les paysans ont en l'occurrence fréquemment tendance à porter directement les différends auprès de la commission sous-préfectorale sans passer par la commission villageoise.

La seconde arène de confrontation est apparue avec les nouveaux enjeux socio-économiques qui ont pris forme autour des barrages. De fait, les agriculteurs, avec la caution des chefs de terre qui leur octroient le droit d'usage du sol, étendent les parcelles de cultures sur la périphérie des barrages jusqu'à en saturer le périmètre (fig. 1). Les risques de dégâts de cultures lors de l'abreuvement du bétail sont alors considérables.

Cette emprise des agriculteurs sur le pourtour des aménagements peut être considérée comme une stratégie des chefs de terre pour réaffirmer leurs droits de propriété coutumière sur le foncier et accaparer ces retenues

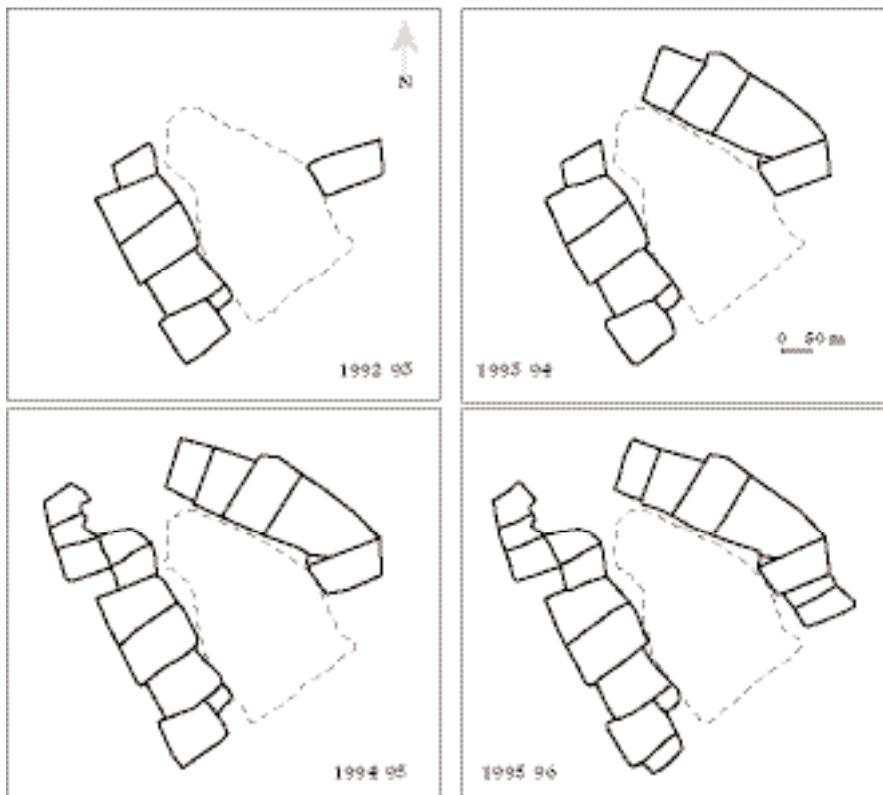


FIG. 1 - Saturation progressive de l'espace périphérique autour du barrage de Korokara Termitière par les cultures maraîchères entre les saisons 1992-1993 et 1995-1996 (d'après FROMAGEOT, 1996).

d'eau initialement destinées aux éleveurs. Dans certains villages, sous l'influence de ces chefs de terre, certains membres du comité de gestion, parfois eux-mêmes exploitants de parcelles maraîchères (ou apparentés à ces producteurs), ont même fini par imposer aux troupeaux transhumants le paiement d'un droit d'accès aux barrages.

Les dégâts commis dans les parcelles maraîchères sont supposés ne pas être dédommagés, selon le principe instauré par la Sodepra. Cependant, ils débouchent souvent sur des litiges dont le mode de règlement dépend principalement de l'origine du propriétaire du troupeau (éleveur étranger ou autochtone).

En général, dans les situations où la responsabilité des dégâts incombe à un autochtone, celui-ci rétorque au plaignant que *les barrages n'ont pas été édifiés pour arroser des parcelles agricoles* ! Les désaccords qui s'en suivent prennent fin au bord de la retenue d'eau après que les protagonistes se soient querellés. Cependant, lorsque le coupable est un éleveur étranger, un Peul notamment, le différend prend une tout autre ampleur car il est alors soumis à l'arbitrage de la commission villageoise, comme si les dégâts avaient été causés dans des champs de cultures vivrières ou de rente.

En 1995 par exemple, un éleveur peul dont le bétail avait causé d'importants dégâts dans des parcelles maraîchères du village de Korokara avait été convoqué auprès de la commission villageoise. Le chef de village président la commission lui demanda de payer la somme de 150 000 F CFA aux agriculteurs concernés. L'éleveur, considérant que la procédure de règlement du litige était arbitraire, avait publiquement refusé de payer cette somme qu'il jugeait trop élevée pour les dégâts commis. Les plaignants s'étaient alors adressés à la commission sous-préfectorale (établie à Diawala, chef-lieu de sous-préfecture), où, à leur regret, le « commandant » leur signifia que l'objectif primordial des barrages étant d'abreuver le bétail, de tels dégâts ne pouvaient être indemnisés, en leur suggérant toutefois d'édifier des enclos résistants autour des parcelles. De retour au village, l'éleveur fut prié de « ramasser ses bagages ».

Les dynamiques sociales de réappropriation des barrages par des acteurs jouissant de pouvoirs locaux résultent de l'imprécision du statut foncier des barrages, imprécision due au pluralisme de règles émanant aussi bien des différents projets de développement que des systèmes fonciers

Conclusion

coutumiers. Ce contexte ouvre le champ à des stratégies opportunistes, notamment de la part des populations autochtones qui ont fait évoluer la vocation initiale et exclusive d'abreuvement du bétail vers une situation de fait de « multi-usages » des barrages. Ces dynamiques locales aboutissent à terme à des processus de généralisation de l'individualisation et de la marchandisation des ressources, souvent au profit d'autorités villageoises ou de leur parentèle, et au détriment des bénéficiaires initiaux des aménagements.

De façon générale, le statut du foncier, d'une part, et les interactions entre populations autochtones et allogènes ou étrangères, d'autre part, sont en Côte d'Ivoire et de longue date au cœur des questions agricoles. L'exemple des petits barrages est de ce point de vue saisissant, où l'on voit localement s'affronter des logiques d'appropriation et d'exploitation des ressources qui en théorie ne paraissent pas inconciliables. Pour autant, la vigueur des débats, voire l'intransigeance des opérateurs, doit trouver sa source autant dans l'intérêt manifeste que représentent les ressources nouvelles associées aux aménagements que dans un mouvement national de réaffirmation des droits et prérogatives conférés par la nationalité. Aux stratégies locales se superposent des logiques beaucoup plus globales qui obscurcissent encore le statut des aménagements et la légitimité de leurs exploitants.

Au cours des vingt dernières années, la dilution du rôle des comités de gestion, la récupération de leurs attributions par les autorités coutumières ou encore l'exclusion des destinataires initiaux des aménagements ont considérablement fait évoluer la place qu'occupent les barrages, tant dans les terroirs villageois que dans la perception que les paysans en ont. Les stratégies de réappropriation, opportunistes, n'ont que rarement investi et misé sur la pérennisation des ressources : le manque d'entretien, voire la franche dégradation de nombreuses digues, l'atteste. Il ne paraît pas que, même localement, la question de la propriété des sites se soit clarifiée. Pour autant, l'émergence récente d'initiatives spontanées de construction de barrages réaffirme le rôle structurant que ce type d'aménagement peut jouer dans les dynamiques agricoles. L'enjeu dès lors est autant de stabiliser le statut des aménagements hérités des politiques passées – et de leurs ressources – que de sécuriser celui des investissements récents.

Références

- ANCEY V., 1997 – « Les Peuls transhumants du Nord de la Côte d'Ivoire entre l'État et les paysans : la mobilité en réponse aux crises ». In CONTAMIN B., MÉMEL-FOTE H. (éd.) : *Le modèle ivoirien en questions : crises, ajustements, recompositions*. Paris, Éditions Karthala/Orstom : 669-687.
- ARDITI C., 1990 – Les Peul, les Senufo et les vétérinaires. *Cahiers de Sciences Humaines*, 26 : 137-153.
- BASSETT T., 1993 – « Land Use Conflicts in Pastoral Development in Northern Côte d'Ivoire ». In BASSETT T., CRUMMEY D. (eds.) : *Land in African Agrarian Systems*, Madison, U. of Wisconsin Press : 131-156.
- BOUTRAIS J., 1994 – Pour une nouvelle cartographie des Peuls. *Cahiers d'Études Africaines*, 133-135 : 137-146.
- CECCHI P., 1998 – De la construction d'un objet pluri-disciplinaire : les Petits-Barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. *Natures, Sciences, Sociétés*, 6 (2) : 73-83.
- COULIBALY A., 2003 – *Socio-anthropologie des dynamiques foncières dans le Nord de la Côte d'Ivoire : droits, autorités et interventions publiques. Étude comparée des villages de Niofoin et de Korokara*. Thèse de doctorat, EHESS Marseille, 365 p.
- CROZIER M., FRIEDBERG E., 1981 – *L'acteur et le système : les contraintes de l'action collective*. Paris, Éditions du Seuil, 236 p.
- DE SARDAN O., 1995 – *Anthropologie et développement. Essai en socio-anthropologie du développement social*. Paris, Apad-Karthala, Coll. Hommes et sociétés, 221 p.
- FÖRSTER T., 1998 – Land use and land rights in the West African savannah: The Senufo in Northern Côte d'Ivoire. *GeoJournal*, 46 : 101-118.
- FROMAGEOT A., 1996 – *Étude de petits périmètres maraîchers dans un village du Nord de la Côte d'Ivoire*. Mémoire de maîtrise de géographie, université Paris-X Nanterre, 195 p.
- FROMAGEOT A., 2003 – *Vallées maraîchères. Économies vivrières. Étude géographique de l'essor du maraîchage marchand dans les campagnes du Nord de la Côte d'Ivoire et de l'ouest du Burkina Faso*. Thèse de Doctorat, université Paris-I, 3 vol., 747 p.
- KOFFI C., 1992 – « Aspects socio-économiques des pêches et de la commercialisation des ressources des plans d'eau hydro-agro-pastoraux du nord de la Côte d'Ivoire ». In IDESSA (éd.) : *Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du nord de la Côte d'Ivoire*, CNRA, Bouaké, Côte d'Ivoire : 143-163 + annexes.
- LAVIGNE DELVILLE P., BOUCHER L., 1996 – *Les bas-fonds en Afrique tropicale humide*. Paris, GRET-ministère de la Coopération-CTA, 252 p.
- OUATTARA H. A., 1996 – *Statut foncier et relations de genre dans la culture maraîchère marchande autour des aménagements agro-pastoraux dans la région Nord : le cas de Korokara*. Mémoire de maîtrise de sociologie, université de Bouaké, 67 p.

Pêches artisanales dans les petits barrages

Luis Tito De Morais

Sebastino Da Costa

Jean Raffray

Kassoum Traoré

Les travaux portent sur une étude de suivi par enquêtes des pêches artisanales réalisée par l'Idessa en 1994 sur 4 petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire, puis sur son extension à 9 retenues entre 1996 et 1998. Des pêches expérimentales (filets maillants et senne) ont alors été parallèlement réalisées sur 5 d'entre elles.

Ces diverses sources d'information sont utilisées ici pour, d'une part, évaluer les captures et leur valeur économique, et, d'autre part, décrire les modalités de l'exploitation halieutique en vigueur dans les petits barrages et commenter leurs possibilités d'amélioration.

L'étude de 1994 a été réalisée sur deux petites (0,06 et 0,085 km²) et deux moyennes (0,21 et 0,44 km²) retenues (IDESSA, 1992 ; DA COSTA *et al.*, 1998). Les enquêtes réalisées de 1996 à 1998 ont concerné 9 retenues, présentant des tailles variant entre 0,08 et 0,45 km² (fig. 1 et annexe). Sur 5 d'entre elles, des pêches expérimentales (filets maillants et senne) ont été pratiquées afin de comparer les captures artisanales du site aux peuplements de poissons échantillonnés sur place. Toutes ces retenues agropastorales, édifiées dans les années 1970 et 1980 sous l'égide de sociétés d'État, sont permanentes et situées sur des affluents du fleuve Bandama, sauf Nambengué, qui barre un affluent du Comoé. Pour chacune d'elles, la surface maximale théorique (IDESSA, 1992) ou mesurée (CORBIN et ÉTIENNE, 1998) et la profondeur maximale mesurée (CORBIN et ÉTIENNE, 1998 ; YTE *et al.*, 1997) ont été considérées. En année normale, les marnages observés sont de l'ordre de 1,5 m.

Introduction

Matériel et méthodes

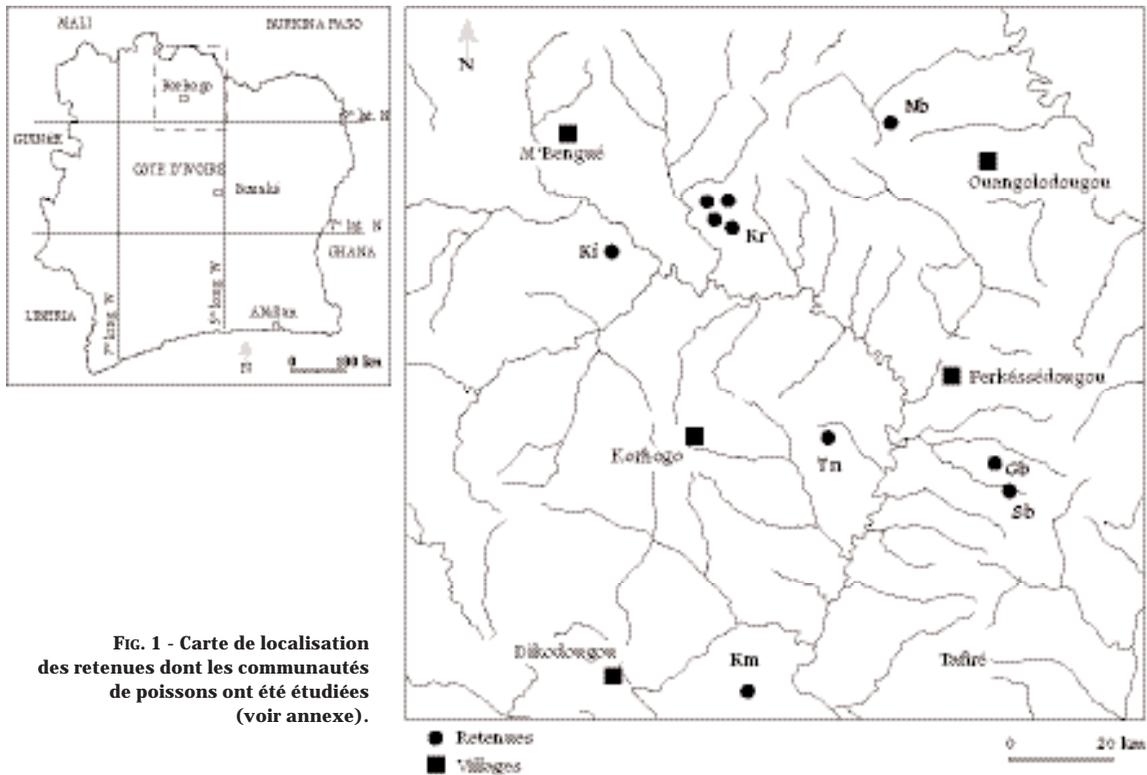


FIG. 1 - Carte de localisation des retenues dont les communautés de poissons ont été étudiées (voir annexe).

Les barrages étudiés sont : Kiémou, dit Kiémou Aménagé (Km), Sambakaha (Sb), Gboyo (Gb), Korokara Serpent, Korokara Termitière, Korokara Sud, Korokara Nord (tous les sites de Korokara sont repérés sur la figure 1 par le code Kr), Tiné (Tn), Katiali (Ki), Nambengué (Nb). Les quatre premières retenues ont été étudiées en 1994. Seul le premier site n'a pas fait partie du panel de l'étude réalisée entre 1996 et 1998. Les noms soulignés indiquent les réservoirs ayant fait l'objet de pêches expérimentales.

Des empoissonnements avec *Oreochromis niloticus* ont été réalisés par la Sodepra en 1984 et 1985 dans les retenues de Kiémou et Korokara Serpent, puis par l'Idessa et l'Orstom en mai 1997 dans les retenues de Nambengué, Katiali et Korokara Termitière. D'autres empoissonnements sur lesquels nous n'avons pas obtenu de données ont été réalisés en utilisant *O. niloticus* et *Heterotis niloticus* : ces deux espèces sont présentes dans toutes les retenues étudiées ici (DUPONCHELLE *et al.*, 2000). *Lates niloticus* a été introduit dans la retenue de Tiné (Kouassi *et al.*, ce volume). Des *Chrysichthys* ont également été introduits par les pêcheurs à Korokara Serpent, sans succès durable semble-t-il.

Les statistiques de pêche proviennent d'enquêtes réalisées « bord-barrage » au moment de la relève des filets et de la vente des poissons (en général, très tôt le matin). Les poissons ont été pesés par espèce à l'aide d'une balance mécanique d'une portée de 20 kg. Les données répertoriées concernent les types d'engins et le nombre d'engins de chaque type utilisés, le temps de pêche, l'utilisation éventuelle d'intrants (appâts), leur nature, quantité et valeur, les espèces composant la prise, le nombre d'individus et le poids de la prise par espèce. Ces relevés ont été, sauf exception, quotidiens sur chaque barrage. L'unité d'effort retenue ici a été le « pêcheur jour⁻¹ ».

À partir de ces enquêtes, les indices suivants ont été établis pour chaque retenue :

- nombre moyen de pêcheurs : pêcheurs jour⁻¹ mois⁻¹ ;
- production exploitée : kg an⁻¹ ;
- production exploitée par unité de surface : t km⁻² an⁻¹.

La nasse *papolo* est un engin de pêche très utilisé dans les petits barrages. Déposées par les pêcheurs dans les zones peu profondes, les nasses sont parfois appâtées avec des boulettes de farine de maïs. Trois ouvertures latérales permettent au poisson de pénétrer dans le piège. Cichlidés et siluriformes constituent la majeure partie des prises réalisées avec ce type d'engin.



Nous avons effectué des comparaisons entre les productions exploitées des retenues étudiées et celles d'autres barrages, et recherché une éventuelle corrélation entre la production exploitée et la surface des retenues (modèle linéaire). Les compositions et les rangs des espèces dans les captures des pêches expérimentales et artisanales ont été comparés dans le but de mettre en évidence d'éventuels taxons non exploités dans le peuplement des retenues.

Sur la base d'une fourchette de prix de vente comprise entre une valeur minimale de 250 F CFA kg⁻¹ (prix de vente bord-barrage des individus de petite taille) et un prix maximal de 500 F CFA kg⁻¹ (prix de vente bord-barrage le plus couramment observé pour les tilapias de grande taille), les chiffres d'affaire ont été estimés directement, en appliquant ces prix aux quantités annuelles débarquées observées durant nos enquêtes.

L'efficacité moyenne des pêcheurs est celle observée en moyenne pour chaque retenue lors de l'ensemble de nos enquêtes ; elle est exprimée en « kg pêcheur⁻¹ jour⁻¹ mois⁻¹ ».

La production totale annuelle exploitée par unité de surface pour chaque retenue est calculée et comparée aux valeurs de production exploitée indiquées dans la littérature et aux estimations empiriques de production pour les réservoirs de surface inférieure à 10 km² (CRUL, 1992 b).

Résultats

Du point de vue de l'effort de pêche, les retenues se répartissent en trois groupes (tabl. 1) :

- (1) trois retenues où l'effort de pêche est très faible, inférieur à 4 à 9 pêcheurs jour⁻¹ mois⁻¹ ;
- (2) quatre retenues où l'effort de pêche se situe entre 15 et 20 pêcheurs jour⁻¹ mois⁻¹ ;
- (3) trois retenues où l'effort de pêche est très élevé, toujours supérieur à 25 pêcheurs jour⁻¹ mois⁻¹.

Les retenues à faible effort de pêche sont de très petits réservoirs (0,01 à 0,08 km²) proches du village de Korokara dont dépend aussi le barrage de Korokara Serpent qui est lui bien plus grand (0,44 km²) et fortement exploité (de 26 à 31 pêcheurs jour⁻¹ mois⁻¹ en moyenne). Quatre pêcheurs ont opéré sur les trois retenues peu exploitées de Korokara,

Source	Retenue	Surface (km ²)	Effort de pêche (pêcheurs jour ⁻¹ mois ⁻¹)	P. exploitée (kg jour ⁻¹ pêcheur ⁻¹)	P. exploitée (kg an ⁻¹)	P. exploitée (t km ⁻² an ⁻¹)
2	Korokara Nord	0,01	7	3,3	55	6,7
2	Korokara Sud	0,02	4	2,7	31	1,5
2	Koroakara Termitière	0,08	9	5	265	3,5
1	Kiérou	0,06	19	5,9	1 333	22,4
1	Gboyo	0,09	16	6,2	1 183	13,9
2	Gboyo	0,09	18	21,8	3 626	42,6
2	Nambengué	0,13	20	7,6	1 527	11,6
1	Sambakaha	0,21	20	14,9	3 555	16,8
2	Sambakaha	0,21	17	39,2	6 814	32,2
2	Katiali	0,31	35	9,2	3 200	10,5
1	Korokara Serpent	0,44	31	2,8	1 062	2,4
2	Korokara Serpent	0,44	26	6,6	1 637	3,7
2	Tiné	0,45	44	10,1	4 905	10,9
3	Boulbé	1,7	-	-	-	3,5
3	Petit Balé	2,5	-	-	-	8
3	Nagbangré	3	-	-	-	5
3	Sourou	-	-	-	-	9,4
3	Mogtedo	4,5	-	-	-	10
3	Tapoa	8,5	-	-	-	20
4	Bahut	2,1	-	-	180 000	87,3
4	Pagusi	2,5	-	-	25 000	10
4	Dapao	2,6	-	-	120 000	46,1
4	Dapao	4,8	-	-	500 000	104,2
4	Yodawewa	4,9	-	-	77 000	15,7
4	Weerawila	5,7	-	-	46 000	8,1

Tabl. I - Données de base sur la pêche dans les retenues étudiées et données de la littérature.

Surface : surface de la retenue.

P. exploitée (production exploitée) : quantité de poissons (poids) débarquée par les pêcheurs artisans.

Effort de pêche : moyenne mensuelle du nombre de pêcheurs observé chaque jour sur chaque retenue.

Sources :

- 1- DA COSTA *et al.*, 1998 ;
- 2- Données de notre étude ;
- 3- BAIJOT *et al.*, 1994 (Burkina Faso) ;
- 4- MOREAU et DE SILVA, 1991 (Philippines et Sri Lanka)].

mais il semblerait que ces sites ne constituent qu'une ressource marginale pour les pêcheurs de ce village, qui exploitent essentiellement la grande retenue de Korokara Serpent où 10 à 15 pêcheurs opèrent régulièrement simultanément.

Le groupe des retenues sur lesquelles s'observe un effort de pêche intermédiaire est plus hétérogène quant au nombre de pêcheurs qui l'exploitent.

Il y a dans certains cas un seul (ou deux) pêcheur(s) attiré(s) : Gboyo, Kiémou et Sambakaha en 1994. Durant nos enquêtes, de 7 à 9 pêcheurs se sont succédé sur les retenues de Sambakaha et Nambengué.

Le groupe de retenues où l'effort de pêche est le plus important correspond aux barrages de plus grandes tailles : Katiali (0,31 km²), Korokara Serpent (0,44 km²), et Tiné (0,45 km²).

Les quantités de poisson pêchées par unité de surface sont dans les mêmes ordres de grandeur que celles observées ailleurs en milieu tropical mais pour des retenues 10 fois plus grandes en moyenne (tabl. I). La production exploitée dans l'ensemble des retenues dépendant du village de Korokara est toujours très faible. Les retenues du groupe où l'effort de pêche est intermédiaire présentent le plus fort rendement par unité de surface (tabl. I). À l'exception des retenues de Gboyo et Sambakaha, les rendements actuels, comme ceux mentionnés par DA COSTA *et al.* (1998), s'adaptent bien au modèle de CRUL (1992 b) (ronds noirs et gris respectivement, fig. 2).

Sous l'hypothèse d'une standardisation de l'effort de pêche à 30 pêcheurs jour⁻¹ mois⁻¹, les rendements prédits restent également bien adaptés au modèle (ronds blancs sur la fig. 2). Les retenues de Gboyo et Sambakaha présentent des points excentrés en raison de l'efficacité apparente des pêcheurs dont le rendement journalier moyen est largement supérieur à celui des autres (tabl. I). La retenue de Korokara Serpent affiche inversement des rendements très faibles.

À l'exception de *Schilbe intermedius*, peu présent dans les pêches artisanales, les espèces les plus importantes (en poids) dans les peuplements décrits par les pêches expérimentales sont également celles qui se retrouvent dans les pêches artisanales (tabl. II).

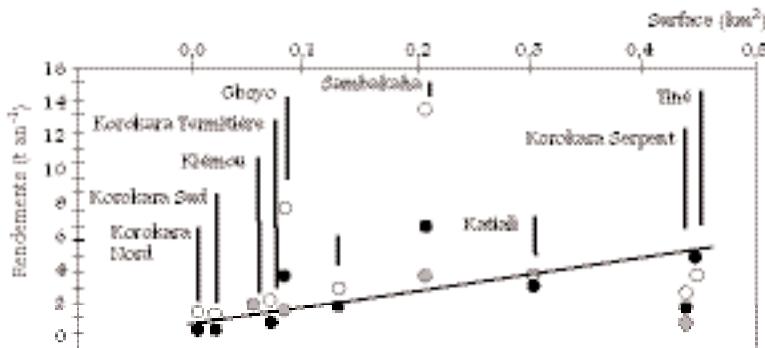


FIG. 2 - Rendements (t an⁻¹) de la pêche artisanale en fonction de la surface maximale du lac (km²), dans 10 petites retenues du nord de la Côte d'Ivoire (noir : données de 1996-1998 ; gris : données de 1994 (DA COSTA *et al.*, 1998) ; blanc : rendements prédits, sous l'hypothèse d'une standardisation de l'effort de pêche à 30 jours pêcheur⁻¹ mois⁻¹). La droite de régression (R² = 0,57) est celle donnée par CRUL (1992 b) sur 15 lacs et réservoirs africains de petite taille (surface < 10 km²) ; captures = 9,88 x surface^{0,79}.

Tabl. II - Rang des premières espèces les plus importantes (en poids) dans les pêches artisanales (Art.) et expérimentales (Exp.).

Espèces	Art.	Exp.
<i>Oreochromis niloticus</i>	1	5
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	2	3
<i>Clarias anguillaris</i>	3	2
<i>Tilapia zillii</i>	4	1
<i>Heterotis niloticus</i>	5	8
<i>Schilbe intermedius</i>	14	4

Tabl. III - Chiffres d'affaires par retenue et par an, estimés sur la base de l'effort de pêche observé (tabl. I), et d'un prix de vente moyen, minimum et maximum respectivement de 375, 250 et 500 F CFA kg⁻¹.

	Chiffres d'affaires estimés (F CFA)		
	moyen	minimum	maximum
Korokara Sud	12 750	8 500	17 000
Korokara Nord	20 250	13 500	27 000
Korokara Termitière	100 875	67 250	134 500
Nambengué	575 625	383 750	767 500
Korokara Serpent	615 750	410 500	821 000
Katiali	1 198 875	799 250	1 598 500
Gboyo	1 358 250	905 500	1 811 000
Tiné	1 838 625	1 225 750	2 451 500
Sambakaha	2 559 000	1 706 000	3 412 000

Les chiffres d'affaires moyens estimés sur la base de l'effort de pêche annuel recensé et d'un prix de vente moyen de 375 F CFA kg⁻¹ sont extrêmement variables (tabl. III).

Les recettes demeurent négligeables au niveau des plus petites retenues, comme à Korokara Sud et Nord, mais deviennent substantielles pour les réservoirs les plus grands et (ou) les plus intensément exploités (comme à Tiné et Sambakaha, respectivement).

Le chiffre d'affaire moyen par retenue est de l'ordre de 920 000 F CFA an⁻¹, ce qui représente, rapporté aux 219 réservoirs recensés lors de l'inventaire des retenues du nord du pays (LE GUEN et TITO DE MORAIS, 2001), un montant de l'ordre de 200 millions F CFA.

Les estimations des surfaces en eau par télédétection (Gourdin *et al.*, ce volume) ont montré que dans cette région, il convenait de distinguer deux classes de réservoirs de tailles différentes (85 % des réservoirs ont

en moyenne une surface en eau de 4,5 ha et 15 % une surface moyenne de 35,5 ha). Pour l'ensemble des 219 réservoirs de la région, la surface en eau est ainsi estimée à 20 km² et le chiffre d'affaire moyen par unité de surface exploitée est alors voisin de 10 millions de F CFA km⁻².

Même si cette estimation masque la très forte hétérogénéité des situations, tant en terme de productivité des écosystèmes que d'intensité d'exploitation, elle rend compte du poids économique de cette filière à l'échelle régionale.

La production moyenne annuellement exploitée est de l'ordre de 2,25 t par retenue, soit environ 492 t an⁻¹ pour l'ensemble des 219 retenues de la région.

Ces chiffres modestes sont à considérer à l'aune de la dispersion des aménagements dans les zones rurales nord-ivoiriennes.

Dans un cas comme dans l'autre, ces chiffres rendent toutefois compte, et de façon vraisemblablement minorée, des échanges en monétaire mais aussi en protéines associés à l'activité halieutique.

Discussion

La mesure de l'effort de pêche retenue (kg pêcheur⁻¹ jour⁻¹) est critiquable car les engins utilisés diffèrent d'un pêcheur à l'autre, de même que la durée effective de la pêche, ce qui conditionne l'efficacité et le résultat des pêches. Cependant, cette mesure étant la plus souvent et la plus aisément collectée, c'est elle qui est utilisée dans la très grande majorité des études sur les pêches artisanales des eaux intérieures africaines (CRUL, 1992 b). C'est le nombre de pêcheurs par plan d'eau qui est indiqué comme valeur de l'effort de pêche dans les grands recueils et bases de données sur l'Afrique (CRUL, 1992 a ; VANDEN BOSCHE et BERNACSEK, 1990 a, 1990 b, 1991).

Dans le cas des petites retenues étudiées ici, les types d'engins et leurs modalités d'utilisation apparaissent suffisamment proches pour que nous puissions considérer cette unité comme pertinente. Bien que le modèle de Crul ne soit fondé que sur des réservoirs de surfaces supérieures à celles des retenues étudiées ici, il s'agit du modèle le plus proche que nous ayons trouvé (surface < 10 km²). Ce modèle linéaire, avec toutes les limitations liées à l'incertitude sur les quantités débarquées et sur l'effort de pêche est, à notre connaissance, le meilleur outil disponible pour associer surfaces et rendements dans les très petites retenues africaines.

Il apparaît que, dans l'état actuel, le niveau d'exploitation des petits barrages se situe dans l'ordre de grandeur de ce qui est observé ailleurs en Afrique subsaharienne. Eu égard à leur faible surface (< 1 km²), le taux de pêcheurs par km² est évidemment excessif par rapport aux normes admises par la FAO (2 pêcheurs km⁻², HENDERSON et WELCOMME, 1974). C'est la faible efficacité des engins employés, associée souvent à un faible nombre de jours de pêche par pêcheur par mois, qui permet actuellement aux niveaux d'exploitation de ne pas atteindre des valeurs trop élevées.

Si, dans la plupart des cas, une augmentation du nombre de jours de pêche par pêcheur et par mois semble réalisable sans atteindre des niveaux de surexploitation, chaque cas doit cependant être étudié de façon spécifique. Certaines retenues, telles que Sambakaha par exemple, présenteraient en effet un niveau d'exploitation très élevé en cas d'augmentation de la durée de la pêche, *a fortiori* si la qualité et l'efficacité des engins étaient améliorées simultanément. En tout état de cause, toute intervention tendant soit à améliorer l'efficacité des engins, soit à augmenter la durée effective de la pêche, doit être faite avec prudence.

La comparaison des compositions des pêches expérimentales et des pêches artisanales montre qu'il n'existe apparemment pas d'espèces abondantes qui échapperaient aux captures des pêcheurs. En revanche, il a été montré qu'au sein de ces écosystèmes (Da Costa *et al.*, ce volume), des niches trophiques paraissent vacantes, entraînant une sous-exploitation des biomasses primaires produites et accumulées dans les retenues par les communautés de poissons actuellement en présence. L'introduction de taxons spécialisés (*Labeo* sp. en l'occurrence) pourrait permettre alors d'améliorer l'efficacité des transferts énergétiques au sein des barrages vers des espèces exploitables, d'élargir le spectre des peuplements exploités, et donc d'en augmenter la valeur.

Parmi les retenues s'écartant le plus du modèle (fig. 2), deux d'entre elles, Gboyo et Sambakaha, présentent des rendements particulièrement élevés sans révéler pour autant de signe de surexploitation. Plusieurs hypothèses peuvent l'expliquer :

- les pêcheurs de ces retenues feraient preuve d'une efficacité supérieure à la moyenne. Ces retenues sont exploitées par des pêcheurs « attitrés », l'un d'eux notamment, à Sambakaha, constituant une remarquable exception à la situation prévalente partout ailleurs dans la région, puisque ce pêcheur est un autochtone sénoufo, formé à la pêche sur le barrage de Kossou lorsque les projets de développement de la pêche sur ce grand barrage avaient été mis en œuvre. Il est de plus



Pirogue neuve à Sambakaha. Une telle embarcation correspond à un investissement véritable : plusieurs centaines de milliers de francs CFA sont en effet nécessaires pour en financer la construction. Les encadreurs de la Sodepra avaient initialement imaginé que les barques et engins de pêche seraient directement fournis aux pêcheurs par les Comités de gestion. Cette consigne a disparu avec le temps.

remarquablement outillé et possède en particulier un jeu de sennes qu'il utilise parfois à Sambakaha mais qu'il lui arrive aussi de louer à d'autres comités de gestion de la zone souhaitant exploiter leurs propres barrages. Le comité de gestion de Sambakaha est par ailleurs l'un des plus actifs de la région ;

- les engins de pêche utilisés sont de meilleure qualité, plus nombreux ou plus grands que ceux utilisés par les autres pêcheurs – voir précédemment ;
- les deux retenues sont particulièrement productives. Elles font en effet partie des retenues où les pêches expérimentales ont été les plus performantes, supérieures en poids à ce qui a par exemple été observé à Katiali, où pourtant la surface de la retenue est 1,5 à 3 fois plus grande.

À l'inverse, la retenue de Korokara Serpent apparaît très peu productive d'après nos enquêtes. Dans ce village, de nombreux conflits émaillent les relations entre le comité de gestion et les usagers et exploitants des plans d'eau. La pêche y est régulièrement interrompue en raison de litiges relatifs au montant de la rente d'exploitation que les pêcheurs ont à payer. Les risques de sous-évaluation de l'exploitation et de la productivité du réservoir, en raison d'une sous-estimation des débarquements, y sont réels.

Si toutefois ces différences de productivité de pêche se confirmaient, il faudrait en rechercher le déterminisme dans les conditions édaphiques et d'habitat spécifiques aux différents sites. Les caractéristiques intrinsèques des bassins versants, les modalités de leur mise en valeur et la diversité et l'intensité des usages dont les sites sont eux-mêmes l'objet peuvent également être des facteurs discriminants.

L'exploitation halieutique des retenues pastorales fournit annuellement *a minima* une production de près de 500 t de poissons par an. Cette production est de l'ordre de grandeur de celles de plusieurs grands barrages du pays (tabl. IV). Les quantités débarquées des petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire font l'objet d'une commercialisation directe, le plus souvent locale, et correspondent à un apport significatif en protéines animales, notamment en zone rurale. La dispersion des aménagements autorise en effet une distribution ponctuelle, mais large, de ces produits frais qui peuvent constituer un complément nutritionnel significatif. Cet aspect, toujours évoqué par les agences de développement, n'a jamais été directement abordé et mériterait d'être précisément quantifié.

**Tabl. IV - Production halieutique des grands
(source : MINAGRA, 1993)
et petits barrages de Côte d'Ivoire.**

Barrages	Surface (km²)	Production (t an⁻¹)
Petits Barrages	20	492
<i>Faé</i>	50	180
<i>Taabo</i>	60	650
<i>Ayamé</i>	120	960
<i>Buyo</i>	650	5000
<i>Kossou</i>	750	8000

Les recettes annuelles issues de l'exploitation halieutique (*a minima* 200 millions de F CFA) sont pour partie redistribuées sous forme de rente vers les comités de gestion. Cette pratique est héritée des consignes laissées par la Sodepra, ce qui explique encore aujourd'hui l'intérêt que ces institutions villageoises accordent à l'activité halieutique. Cette redistribution permet également de comprendre les jeux de pouvoir qui se développent à l'intérieur des communautés villageoises pour le contrôle des comités de gestion (Coulibaly *et al.*, ce volume). Elle permet aussi vraisemblablement de profiler des leviers d'action dans la perspective d'une intensification de l'exploitation et de son efficacité.

En se substituant aux autorités des Eaux et Forêts qui à l'échelle nationale distribuent les droits de pêche et en réglementent la pratique, les comités instituent *de facto* mais implicitement un contexte où l'appropriation de la ressource et des revenus tirés de son exploitation demeure ambiguë.

L'exploration et l'exploitation « pionnières » des petits barrages correspondent en ce sens à une stratégie efficace de la part des pêcheurs, marquée par l'itinérance et le court terme. Intensifier l'activité de quelque manière que ce soit pour accroître les recettes ne paraît pas pertinent pour les pêcheurs dans le contexte actuel, tant la rente grève leurs revenus. À l'inverse, pour les comités, intervenir sur la productivité halieutique des barrages ne se justifie pas puisque, pour eux, l'exploitation étant réalisée par d'autres, les bénéfices immédiats de l'amélioration de l'exploitation ne leur profiteraient pas. KOFFI (1992) évoquait le « marché de dupe » qui lie comités et exploitants. Le terme reste d'actualité, et le restera tant que les droits de propriétés et d'usages ne seront pas clarifiés.

Annexe

Réservoirs étudiés

Les codes indiqués correspondent à ceux utilisés sur la figure 1.

Tous les sites de Korokara sont représentés sur cette carte avec le même code (Kr). Les coordonnées et les surfaces indiquées ont été collectées dans le cadre du programme Petits Barrages.

Site	Code	Latitude N	Longitude W	Surface (km ²)
Korokara Nord	(Kr)	09° 53' 29"	05° 37' 36"	0,01
Korokara Sud	(Kr)	09° 52' 40"	05° 38' 07"	0,02
Kiérou	(Km)	09° 02' 20"	05° 34' 08"	0,06
Korokara Termitière	(Kr)	09° 54' 47"	05° 36' 40"	0,08
Gboyo	(Gb)	09° 26' 32"	05° 07' 55"	0,09
Nambengué	(Nb)	10° 03' 12"	05° 18' 57"	0,13
Sambakaha	(Sb)	09° 24' 09"	05° 06' 21"	0,21
Katiali	(Ki)	09° 48' 45"	05° 57' 09"	0,31
Korokara Serpent	(Kr)	09° 51' 46"	05° 36' 11"	0,44
Tiné	(Tn)	09° 31' 17"	05° 32' 04"	0,45

R é f é r e n c e s

BAJOT E., MOREAU J., BOUDA S., 1994 – *Aspects hydrobiologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano-sahélienne*. Centre technique de Coopération agricole et rurale (CTA), Commission des communautés européennes (CCE), Bruxelles, 250 p.

CORBIN D., ÉTIENNE J., 1998 – *Cartographie de 8 retenues de Côte d'Ivoire étudiées dans le cadre du programme « Petits Barrages »*. IRD Bouaké, rapport multigr., 89 p.

CRUL R. C. M., 1992 a – Database on the inland fisheries resources of Africa (DIFRA). Description d'une base de données portant sur les ressources halieutiques des eaux intérieures de l'Afrique. *CIFA Occas. Pap.*, 17, 21 p.

CRUL R. C. M., 1992 b – Modèles pour l'estimation des rendements potentiels en poisson des eaux intérieures africaines. *CIFA Occas. Pap.*, 16, 23 p.

DA COSTA K. S., TRAORÉ K., TITO DE MORAIS L., 1998 – Effort de pêche et production exploitée dans les petites retenues du Nord de la Côte d'Ivoire. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 348 : 65-78.

DUPONCELLE F., CECCHI P., CORBIN D., NUNEZ J., LEGENDRE M., 2000 – Variations in fecundity and egg size of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environ. Biol. Fish.*, 57 : 155-170.

HENDERSON H. F., WELCOMME R. L., 1974 – The relationship of yield to morpho-edaphic index and number of fishermen in African inland fisheries. *CIFA Occas. Pap.*, 1, 19 p.

IDESSA, 1992 – *Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du nord de la Côte d'Ivoire. Rapport préliminaire. Projet « Petits Barrages »*. CI/CRDI, CNRA Bouaké, Côte d'Ivoire, 181 p.

KOFFI C., 1992 – « Aspects socio-économiques des pêches et de la commercialisation des ressources des plans d'eau hydro-agro-pastoraux du nord de la Côte d'Ivoire ». In IDESSA (éd.) : *Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du nord de la Côte d'Ivoire*, CNRA, Bouaké, Côte d'Ivoire : 143-163 + annexes.

LE GUEN T., TITO DE MORAIS L., 2001 – Diversité des utilisations agricoles associées aux retenues d'eau du nord de la Côte d'Ivoire. *Cahiers d'Outre-Mer*, 54 (215) : 283-304.

MINAGRA, 1993 – *Plan directeur du développement agricole 1992-2015*. Abidjan, Côte d'Ivoire, 166 p.

MOREAU J., DE SILVA S. S., 1991 – Predictive fish yield models for lakes and reservoirs of the Philippines, Sri Lanka and Thailand. *FAO Fish. Tech. Rep.*, 319, 42 p.

VANDEN BOSCHE J. P., BERNACSEK G., 1990 a – Source book on the inland fishery resources of Africa. Vol I. *CIFA Tech. Pap.*, 18 (1), 411 p.

VANDEN BOSCHE J. P., BERNACSEK G., 1990 b – Source book on the inland fishery resources of Africa. Vol II. *CIFA Tech. Pap.*, 18 (2), 240 p.

VANDEN BOSCHE J. P., BERNACSEK G., 1991 – Source book on the inland fishery resources of Africa. Vol III. *CIFA Tech. Pap.*, 18 (3), 219 p.

YTÉ W. A., KOUASSI N. C., AYEKOUÉ P., SORO S., 1997 – Peuplement zooplanctonique de quelques retenues agro-pastorales du Nord de la Côte d'Ivoire : les rotifères. *Agron. Afr.*, 9 (2) : 125-134.

Colonisation maraîchère des rives des petits barrages : une nouvelle géographie

Les mutations des campagnes en Afrique subsaharienne font l'objet de nombreuses études qui contrastent souvent avec les points de vue « afro-pessimistes » véhiculés par les médias, les bailleurs de fonds internationaux ou les statistiques plus ou moins fiables et ne reflétant guère les dynamismes de sociétés confrontées à des contraintes spécifiques. À la fin du XX^e siècle, le développement de cultures vivrières commerciales pour des marchés urbains en pleine expansion constitue à ce titre une des mutations majeures du monde rural africain. À base de cultures anciennement autoconsommées, le vivrier marchand (CHALÉARD *et al.*, 1990) fournit un numéraire d'autant plus recherché par les paysanneries que les cultures commerciales d'exportation sont plus aléatoires.

En Afrique subsaharienne, ces dynamiques agricoles et rurales sont d'autant plus importantes que l'approvisionnement des villes y est une préoccupation majeure, non seulement parce que le continent africain au sud du Sahara connaît une croissance urbaine forte (SNRECH, 1994), mais aussi parce qu'en règle générale, les restrictions des importations, les dévaluations et la rétraction des budgets domestiques encouragent la multiplication des filières d'approvisionnement et le développement de productions diversifiées pour répondre à la demande citadine (BRICAS *et al.*, 1985 ; COURADE et PELTRE-WURTZ, 1991).

Dans ce contexte, l'essor du maraîchage marchand de contre-saison dans les savanes du nord de la Côte d'Ivoire depuis les années 1990 illustre les capacités de réponses paysannes à différentes échelles (clientèles locales et régionales, marchés urbains du sud de la Côte d'Ivoire). La participation à ces filières d'approvisionnement entre villes et campagnes, mais aussi entre le nord et le sud du pays, constitue depuis les années 1990 une véritable

Introduction



Bas-fond du Solomougou, en aval de la digue du réservoir du même nom. Quelques pépinières et planches de légumes sont entretenues au pied de la digue par les riverains : le maraîchage de contre-saison contribue à la diversification des activités et revenus des ménages pendant la saison sèche.

spécialisation maraîchère régionale. La généralisation du maraîchage marchand dans les savanes sénoufo septentrionales s'appuie pendant la saison sèche sur les terroirs humides des bas-fonds et tout particulièrement des périmètres des petits barrages.

Contextes de l'essor du maraîchage marchand

D'activité agricole marginale, le maraîchage est devenu depuis les années 1980-1990 une production spéculative non négligeable dans les systèmes productifs des campagnes sénoufo, conduisant à une véritable spécialisation régionale et saisonnière de part et d'autre de la frontière ivoiro-burkinabée qui s'appuie sur la géographie des petits barrages (fig. 5 du cahier couleurs).

La place du maraîchage marchand dans les systèmes de production et les sociétés rurales

Il n'existe pas de définition précise du maraîchage marchand. Pour AUTISSIER (1994), il s'agit de « la production d'un ensemble de plantes annuelles ou pérennes, arbustives ou herbacées dans un espace agraire délimité, généralement exploité de façon intensive, dont la récolte est totalement ou en partie vendue ». Le maraîchage se définit moins par un type de culture que par son utilisation en cuisine, puisqu'il concerne

avant tout la production des ingrédients qui entrent dans la composition des sauces ou des salades. Au-delà de ces problèmes de définition, la place du maraîchage dans les systèmes productifs a évolué. Anciennement, on a pu considérer le maraîchage comme une culture marginale, pratiquée par les femmes en cultures dérobées ou dans des jardins de case pour l'autoconsommation.

Récemment commercialisés pendant la saison sèche sur les marchés urbains régionaux et nationaux, les légumes frais font du maraîchage une activité alternative dans le contexte de difficultés croissantes. Le maraîchage remplace ainsi le riz en saison sèche dans les bas-fonds, s'adaptant mieux à une situation climatique dégradée, marquée par une diminution générale de la pluviométrie depuis les années 1980. Cette « rénovation » de l'usage agricole des bas-fonds en contre-saison peut également renvoyer à un problème de saturation foncière particulièrement sensible dans la zone dense de peuplement de Korhogo. Le pays Sénoufo présente de forts contrastes de peuplement dans une zone densément peuplée autour des villes de Korhogo et de Ferkéssédougou. Dans les années 1990, les densités de population rurale y varient entre 60 et 100 habitants km⁻² et contrastent avec les zones de 5 à 20 habitants km⁻² en amont du Bandama. Le maraîchage est alors localement d'autant plus important qu'il valorise un sol rare. Enfin, il se présente désormais comme une culture commerciale d'appoint par rapport à des budgets familiaux diminués. Depuis les années 1980, sans être véritablement en crise, la culture du coton s'essouffle du fait de la baisse des prix d'achat, de la fin de la subvention des intrants en 1984 et des difficultés d'extension des exploitations dans une situation régionale de saturation foncière (LE ROY, 1999).

La généralisation du maraîchage marchand s'inscrit dans un quadruple contexte : le développement agricole et rural (notamment l'aménagement des petits barrages), la croissance urbaine, les difficultés économiques accrues des paysanneries, et enfin des mutations rurales accélérées par la raréfaction des facteurs de production, en particulier le sol et la main-d'œuvre (RAISON, 1991).

Le développement du maraîchage intervient dans une histoire régionale des pratiques et des discours du développement rural (AUBERTIN, 1983 ; BASSETT et KOLI BI, 2000 ; BASSETT, 2002). Les précédentes politiques de développement rural et d'aménagement régional avaient un objectif territorial « égalitaire » à l'échelle nationale (rattrapage du Nord sur le Sud) et à l'échelle régionale : placer les producteurs de cultures commerciales

L'essor du maraîchage marchand



Planches d'oignons cultivées en périphérie du barrage de Korokara Termitière.

en situation d'égalité pour la commercialisation, l'accès aux intrants, quelle que soit leur localisation géographique. Dans les années 1990, dans les campagnes sénoufo, les politiques de développement agricole (introduction de la culture de l'oignon par la Compagnie ivoirienne de développement des productions vivrières – CIDV – de 1988 à 1994) comme les mutations agricoles plus spontanées (diversification et généralisation des cultures maraîchères) orientées vers les marchés intérieurs créent des différenciations infra-régionales avec, en partie seulement, une coïncidence entre les situations géographiques et les orientations économiques des exploitations agricoles (FROMAGEOT, 2005).

Avec le désengagement étatique des projets de développement s'élabore un espace régional disparate, tandis qu'apparaissent de nouvelles formes de mise en valeur agricole des anciens aménagements, à l'image des périmètres maraîchers qui colonisent les rives des retenues d'eau des petits barrages du nord du pays créés, à l'origine, à des fins pastorales (CECCHI, 1998).

Ce dynamisme maraîcher récent se comprend par rapport à un deuxième contexte qui est celui de la croissance urbaine (nationale et régionale) et des capacités de réponse des campagnes aux nouvelles demandes citadines (CHALEARD, 1996).

Surtout, dans un contexte de crise à facettes multiples, le maraîchage répond à un besoin de diversification et de multiplication des revenus des paysanneries tout en utilisant une main-d'œuvre familiale nombreuse, peu voire non scolarisée, et non employée sur le marché moderne du travail.

Enfin, le maraîchage sur les rives des petits barrages est un révélateur de l'importance et de la diversité des évolutions des représentations et des modes de gestion des terroirs et des ressources dans les espaces ruraux. En introduisant de nouveaux espaces de culture rémunérateurs, le maraîchage est un des enjeux de ces redéfinitions territoriales et sociales. La situation est de ce point de vue particulièrement exacerbée autour des petits barrages qui facilitent et fixent la mise en valeur maraîchère...

La contextualisation de l'essor du maraîchage marchand permet donc une grande richesse d'interprétation. Cette activité agricole peut s'évaluer tout autant en termes de profits que de risques et correspondre à des trajectoires individuelles et collectives d'appauvrissement, ou inversement de consolidation de pouvoir et d'enrichissement.

Le rôle du maraîchage marchand dans le nord de la Côte d'Ivoire est avant tout de produire pour les marchés urbains. À ce titre, l'activité apparaît comme un vecteur d'intégration aux marchés et au monde citadin avec des contraintes et des dépendances propres.

L'essor du maraîchage marchand permet en premier lieu à de nouveaux acteurs, jusque-là exclus des productions d'exportation (coton), d'entrer dans l'économie commerciale. Une plus grande intégration au monde citadin est par ailleurs facilitée, dans la mesure où les producteurs sont en relation avec les réseaux commerçants urbains. Le maraîchage marchand révèle ainsi une grande dispersion des relations qui débordent toujours l'échelle locale.

L'intégration à l'économie commerciale et au monde urbain est d'autant plus rapide qu'elle se réalise selon des modalités et à des échelles très variées, allant des petites productrices micro-détaillantes sur les marchés locaux (ruraux ou urbains) aux grands exploitants d'origine citadine en relation directe avec les grossistes de la ville (fig. 1). Il apparaît ainsi une filière dans l'ensemble payante, porteuse, mais instable.

Produire pour les marchés urbains

Le maraîchage marchand, vecteur d'intégration à l'économie commerciale et au monde citadin

Les relations commerciales ou le partage des risques de production

Les rapports entre producteurs maraîchers et acheteurs sont complexes. Ils ne se résument en aucun cas pour les premiers à de pures relations économiques ou de sous-traitance. Alors que les marges prises par l'acheteur peuvent contribuer à diminuer les bénéfices de l'exploitant, le client est cependant le plus souvent présenté comme un associé.

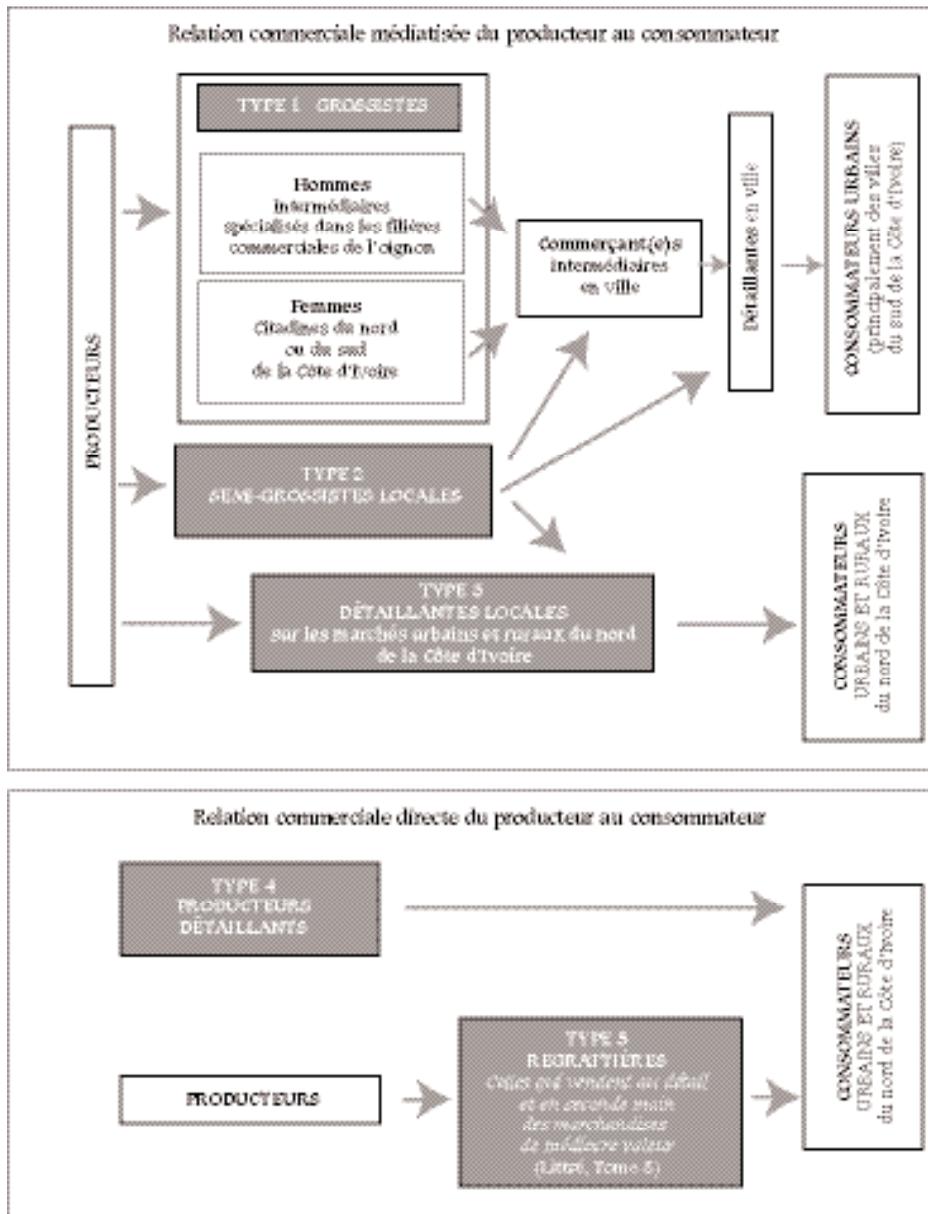


Fig. 1 - Schéma des relations commerciales des maraîchers aux consommateurs

Certains producteurs passent de véritables contrats avec des commerçants, établissant ainsi des relations personnalisées, ce qu'illustrent les propos recueillis en 1998 auprès de M. Y. C., exploitant autour du barrage de Tiegbé. Il pratique le maraîchage depuis 1994 et a lié des relations avec une commerçante de Korhogo qui peut le financer, lui fournir les intrants nécessaires et prendre date pour l'achat des légumes. M. Y. C. reconnaît avoir les moyens de ne pas avoir recours au préfinancement du client, étant par ailleurs exploitant d'un champ personnel de 2 ha de coton. L'intérêt de travailler sous contrat demeure toutefois crucial, à la fois pour assurer l'écoulement de la production, mais aussi pour entretenir des liens extra-communautaires. En février 1998, M. Y. C. a effectué le voyage jusqu'à Korhogo pour demander à sa cliente une avance sur l'achat de sa production afin de pouvoir participer aux dépenses pour les funérailles d'un parent. Les rapports producteur/acheteur permettent ainsi dans de nombreux cas de partager les risques de la production et les coûts des obligations sociales.

Le maraîchage, activité agricole de contre-saison, présente d'abord un certain nombre de contraintes géographiques. Les premières d'entre elles sont liées à l'accès des producteurs à un point d'eau (bas-fonds ou périmètres des petits barrages) et méritent donc d'être reconnues par les règles foncières qui régissent l'usage de ces lieux de production restreints. Le degré de spécialisation et d'orientation commerciale des exploitations dépend également et en grande partie de l'accès aux transports et aux réseaux de collecte pour écouler la production en ville.

La géographie régionale du maraîchage marchand illustre une organisation spatiale apparemment classique reflétant des situations de rente et de « contre-rente » géographique, selon la proximité des grands axes de circulation méridiens, ainsi que la répartition et l'accessibilité des villes régionales et du sud de la Côte d'Ivoire. La géographie des modalités et des performances maraîchères dessine cependant des sous-ensembles régionaux, dont l'assiette géographique ne tient pas seulement compte de la situation par rapport aux villes et aux routes méridiennes. Ainsi, le maraîchage est important dans le village de Wangari situé sur un axe goudronné à 30 km à l'ouest de Korhogo. Les rives du petit barrage ont été entièrement colonisées par une cinquantaine de jardins soigneusement clôturés. En 2000, les maraîchers sont exclusivement des femmes, pour la plupart d'un certain âge (FROMAGEOT, 2003). Leurs objectifs sont particuliers : conduire une petite production très diversifiée, à base de cultures consommées dans les plats ruraux (feuilles pour la sauce), vendue en petite

Le maraîchage marchand, activité agricole sous contraintes géographiques

quantité sur les marchés locaux hebdomadaires (rotation tous les 6 jours). En 1998, le site comptait encore 5 exploitants masculins produisant au contraire des légumes de plus haute valeur ajoutée et de consommation plus typiquement citadine (FROMAGEOT, 1998). Ces maraîchers se plaignaient de ne pouvoir passer de contrats avec les commerçants du fait de la féminisation locale du maraîchage. Les grossistes de Korhogo ont peu d'intérêt à se déplacer sur un site où la production maraîchère reste atomisée et diversifiée. L'apparente situation de rente instaurée par la proximité géographique de la ville de Korhogo est ainsi peu valorisée au profit du marché local. Cet exemple se situe ainsi dans un contexte infra-régional partagé par plusieurs villages à l'ouest de Korhogo où les règles foncières réservent l'usage agricole des petits barrages aux femmes, en échange de la cueillette par celles-ci des fruits de néré et de karité au profit des chefs de village et de terre (FROMAGEOT, 2003).

La situation géographique, bien qu'essentielle, n'est donc pas le déterminant unique de l'organisation du maraîchage marchand dans l'espace régional : jouent également les conditions sociales et culturelles locales de réception et d'organisation du maraîchage, de ses acteurs et de ses espaces. Il existe des situations géographiques plus ou moins dynamisantes et (ou) fragilisantes pour l'essor du maraîchage, même si chaque situation est réinterprétée par les sociétés rurales en fonction des héritages, des techniques, mais surtout du jeu des acteurs et des enjeux dont ils sont le support.

Le maraîchage marchand sous la dépendance des marchés

Le maraîchage marchand est particulièrement dépendant, vis-à-vis du marché, des prix et des conditions d'écoulement des légumes particulièrement variables dans l'espace et dans le temps. Ainsi, en 1997-1998, le prix du kilogramme de tomates (variété locale « merveille du marché ») fluctue de 100 à 800 F CFA sur le marché de Ferkéssédougou (FROMAGEOT, 1998). Il existe des crises de surproduction relative, avec engorgement des marchés lorsque la production est supérieure à la capacité d'absorption des marchés urbains. Le producteur n'est donc pas assuré de rentabiliser l'investissement de départ et la majorité investit très peu dans l'exploitation. Cette insécurité, avant tout financière, s'explique aussi par une filière qui fonctionne principalement hors de tout crédit.

Deux types de réussite se réalisent à deux échelles différentes et aux deux extrémités de la production maraîchère : d'une part, la petite exploitation intra- ou péri-urbaine tenue par une femme qui est aussi micro-détaillante sur les marchés urbains, jouant sur différents types de productions (légumes africains et européens) et de clients et, d'autre

part, la grande exploitation avec un capital de départ issu de revenus souvent non agricoles, gérée par un citoyen, fréquemment fonctionnaire ou ancien agent des sociétés de développement et qui emploie un ou plusieurs salariés dans le cadre d'une production maîtrisée et à plus haute valeur ajoutée (légumes africains calibrés ou européens, traitements spécifiques, gestion du calendrier).

Au-delà de ces deux figures du maraîchage, celui-ci est majoritairement pratiqué par des femmes et des jeunes, cadets sociaux de leur maison-née. En 2000, sur 345 exploitants répartis sur 15 sites de production situés dans l'aire d'extension des petits barrages, seuls 51 étaient des hommes chefs d'une famille élargie (FROMAGEOT, 2003). La majorité des producteurs est constituée de femmes (237) et de jeunes hommes (57, non mariés pour 47 d'entre eux). Toutefois, les femmes, acteurs essentiels du maraîchage, sont aussi les plus pénalisées lorsqu'elles décident de s'y livrer, accaparées par leurs activités ménagères, d'une part, par les récoltes de cultures pluviales, qui s'opèrent en début de contre-saison, d'autre part, et enfin, non maîtresses des règles d'accès aux terroirs de bas-fonds ou aux rives des petits barrages.

C'est pourquoi le maraîchage est une activité rémunératrice individuelle de femmes et de jeunes hommes mais qui rapporte aux hommes et aux anciens. Ainsi, pour la saison 1999-2000, les enquêtes auprès de l'échantillon des 345 exploitants indiquaient un revenu maraîcher annuel net moyen de 26 610 F CFA. Celui-ci masque des écarts significatifs entre les revenus nets moyens de 16 618 F CFA des 237 femmes, de 37 135 F CFA des 57 jeunes hommes, et enfin de 61 282 F CFA des 51 chefs de famille. Par leur position sociale, par leur contrôle de la terre, les hommes mariés et responsables familiaux ont un accès préférentiel à la main-d'œuvre, donc aux cultures maraîchères plus délicates et plus rémunératrices. Le statut des maraîchers et leur niveau de revenu net restent nettement articulés à la diversité des statuts sociaux. Les femmes et les cadets sociaux à qui l'on concède des droits d'utilisation maraîchère des rives des petits barrages sont libres mais sous contrainte. Les terroirs maraîchers des rives des retenues d'eau sont des espaces de relative liberté, où les règles de dévolution foncière s'assouplissent et se diversifient, mais sans pour autant être le lieu d'une remise en cause radicale des hiérarchies sociales et familiales des communautés rurales.

Le maraîchage marchand est une activité en essor qui se traduit concrètement par la colonisation agricole prioritairement des bas-fonds aménagés de petits barrages et par une spécialisation régionale dans les productions

Le maraîchage des femmes et des jeunes qui rapporte aux hommes et aux anciens

maraîchères de saison sèche qui se calque sur la géographie des petits barrages. Le développement du maraîchage marchand associé aux petits barrages révèle alors un certain nombre de mutations rurales.

Les mutations rurales au travers du maraîchage marchand

Les mutations rurales observables au travers de l'essor du maraîchage marchand dans le nord du pays permettent d'insister sur les articulations (fig. 2) qui s'opèrent entre des données économiques et agricoles (besoins monétaires accrus, réponses paysannes à des marchés en expansion et variés), sociologiques (adaptabilité des structures sociales et foncières à l'innovation que représente une nouvelle production spéculative associée aux petits barrages), et enfin des données géographiques qui ensemble interagissent et permettent d'avancer dans la compréhension des différenciations socio-spatiales des campagnes, de la région aux terroirs.

Les mutations des paysages et des systèmes de cultures

Les nombreux usages des bas-fonds par les communautés rurales ont longtemps été négligés par les observateurs occidentaux qui insistent plutôt sur l'apparente sous-utilisation de ces terroirs (LAVIGNE-DELVILLE, 1998). Avec l'essor du maraîchage de contre-saison, les paysanneries sembleraient enfin mettre en pratique les projets de développement rural préconisant la mise en culture systématique des zones humides en saison sèche. Bas-fonds, petits barrages et jardins maraîchers sont devenus les supports de productions agricoles continues dans l'année. Le maraîchage pose la question du devenir des anciens usages des terroirs de bas-fonds, dans la mesure où sa pratique remet en cause les associations de cultures passées, la complémentarité des usages dans l'espace et le rythme saisonnier entre cultures pluviales, terrains de parcours du bétail, zones de chasse et de cueillette, aires d'extraction et de fabrications artisanales (briques, poteries, etc.), lieux d'activités domestiques et de rencontres sociales (lessive, bains, etc.), voire lieux d'initiation et de culte.

Le défrichement nécessaire des bas-fonds et le brûlage des herbes pour ouvrir les jardins réduisent en superficie et en diversité les nombreuses espèces herbeuses et ligneuses qui participent tantôt à un complément de nourriture (en particulier pour les jeunes enfants qui en cueillent les fruits sauvages), tantôt à la pharmacopée traditionnelle.

Cultivés pour les légumes pendant la saison sèche, les bas-fonds et les rives des petits barrages sont soustraits aux terrains de parcours du

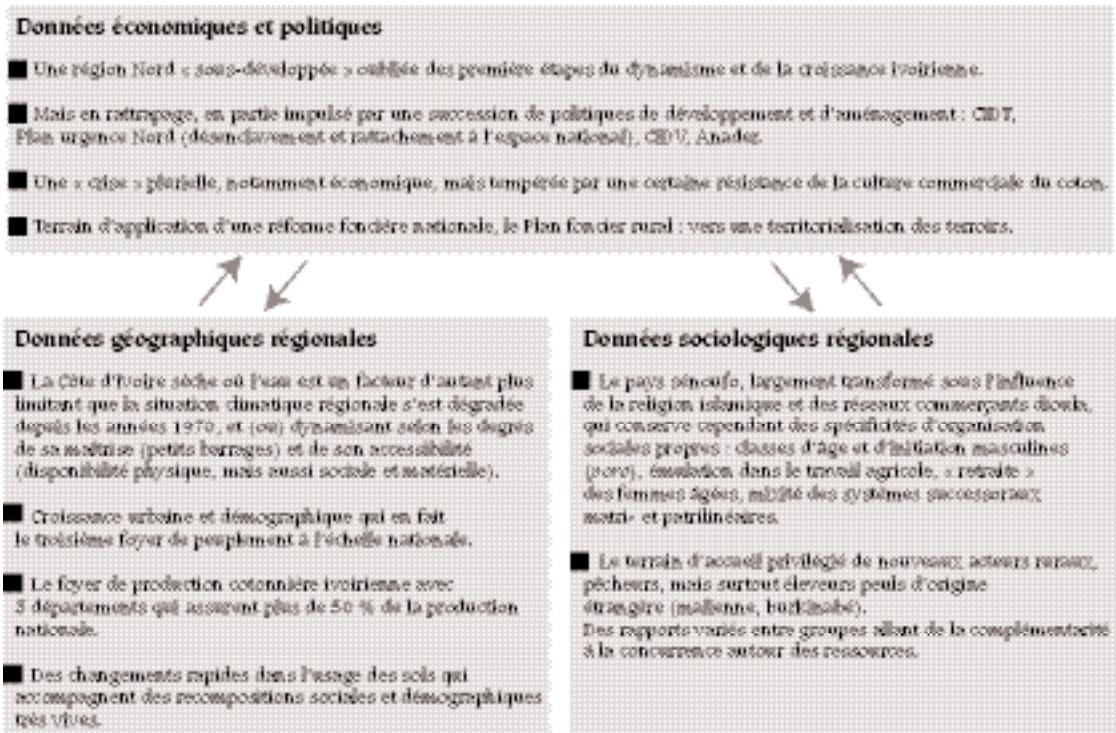


FIG. 2 - Schéma des interactions et contextes au centre desquels se trouve le maraîchage marchand dans le nord du pays.

bétail bovin, ce qui peut remettre en cause la vocation pastorale initiale des petits barrages et, plus généralement, fragiliser les associations entre l'agriculture pluviale et l'élevage.

Petits barrages et maraîchage introduisent pendant la saison sèche une nouvelle utilisation agricole des bas-fonds. Cela correspond pour les agriculteurs à une augmentation de travail mais aussi de revenus.

Dans la zone densément peuplée des campagnes sénoufo, les ceintures maraîchères des petits barrages ont remplacé d'anciens terroirs rizicoles. Pendant la saison sèche, le riz est jugé moins rentable que les cultures maraîchères. À la différence des autres produits vivriers dits « libres », les prix du riz fixés par l'État ne sont guère incitatifs dans les années 1980 et 1990. De 1982 à 1988, le prix d'achat du riz au producteur a été maintenu à 80 F CFA le kg avant de tomber à 60 F CFA le kg (soit le prix d'achat du riz qui avait cours dans les années 1970), ce qui apparaît insuffisant pour susciter l'intérêt des paysans. Cela explique en partie le phénomène actuel de conversion des bas-fonds de « terroirs » rizicoles en « terroirs » maraîchers.

Les évolutions des systèmes fonciers coutumiers

Parce que l'extension des aires de cultures maraîchères se réalise sous deux contraintes (nécessité d'un accès à une ressource en eau et aux transports), les lieux de cultures sont limités dans l'espace et recherchés. Les règles d'accès à ces lieux de culture circonscrits modifient les systèmes fonciers coutumiers. Les diverses enquêtes (FROMAGEOT, 1998 et 2003) révèlent le développement d'un système de location saisonnière de la terre. Ce système favorise l'accès des cadets sociaux aux espaces maraîchers autant qu'il maintient les hiérarchies socio-économiques entre exploitants. En effet, les chefs de famille gestionnaires du temps et de la force de travail, mais aussi des règles foncières d'usage des terroirs de bas-fonds, troquent des espaces de jardinage contre le travail de leurs cadets.

Toutefois, le développement du maraîchage sur les rives des petits barrages accélère et diversifie les processus de mise en location de la terre. Sans bouleverser visiblement les structures foncières, la mise en valeur maraîchère des petits barrages et la répartition des jardins sur leurs rives minent sournoisement les règles foncières coutumières avec l'affirmation de transferts de jardins entre individus de même statut, notamment entre cadets sociaux, et sans médiation ni consultation des chefs de terre ou de famille (FROMAGEOT, 2003).

En revanche, la mise en valeur maraîchère d'un petit barrage suppose souvent de nouvelles stratégies foncières entre communautés locales et surtout entre usagers considérés comme autochtones ou allogènes (BOUJ, 1998). Cela est particulièrement net dans la zone dense de Korhogo où les petits barrages sont de réalisation plus récente (pour la plupart des années 1990). Ils sont l'occasion d'une réaffirmation des pouvoirs locaux sur le contrôle de la terre au travers de la mise en place d'un périmètre maraîcher. Le barrage de Sinématiali Sodeci, construit sur la demande du chef de village et de canton, a permis à ce dernier de chasser du bas-fond les riziculteurs originaires des villages voisins. Leur droit d'usage n'est plus reconnu, dans la mesure où il concernait non pas les versants mais les terres du bas-fond aujourd'hui inondées par la retenue.

Dans un contexte de saturation foncière et de besoins monétaires accrus, il s'agit pour les communautés villageoises de ne plus laisser la terre aux allochtones, qu'ils soient paysans de villages voisins ou éleveurs étrangers.

Les transformations sociales et territoriales

À l'échelle des unités de production domestiques, le maraîchage entraîne une transformation des rapports de pouvoirs entre catégories d'acteurs. Les chefs de famille doivent procéder à de nouvelles répartitions des dépenses et de la force de travail dans les unités domestiques (car il

existe des concurrences entre les calendriers des cultures pluviales et des cultures maraîchères). Dans les maisonnées, il s'opère ainsi à bas bruit une transformation des pouvoirs, puisque désormais le maraîchage fournit aux femmes et aux cadets des revenus personnels non négligeables. Il se crée autour de ces gains monétaires une nouvelle donne sociale, un jeu d'intérêts entre aînés et cadets. Les premiers pensent contrôler au moins partiellement la « rente maraîchère », tandis que les seconds espèrent par le maraîchage accéder à une certaine autonomie financière et sociale. À l'échelle locale, les transformations sont plus marquées dans les communautés bénéficiant d'un petit barrage, dans la mesure où cet aménagement favorise la participation des cadets sociaux aux activités maraîchères. À l'échelle régionale, ces mutations varient en intensité et en visibilité dans les villages en fonction de la situation géographique des sites de production qui permet inégalement aux maraîchers de s'inscrire dans les circuits de commercialisation plus rémunérateurs destinés aux clientèles urbaines et extra-régionales.

À ce titre, le maraîchage marchand orienté vers les marchés urbains du sud de la Côte d'Ivoire entraîne des recompositions spatiales à l'échelle régionale. Il se réalise un processus de concentration géographique du maraîchage, avec une répartition spatiale « archipelisée » le long des axes de circulation marchande, avec pour centres d'animation les systèmes urbains régionaux et nationaux en expansion (fig. 5 du cahier couleurs).

À l'échelle locale, le maraîchage sénoufo n'est plus une activité typiquement féminine d'autoconsommation et n'est pas une simple spéculation conjoncturelle en réponse à la crise. À l'échelle nationale, le développement du maraîchage marchand est assurément complexe, tant sa situation géographique au nord du pays est inattendue compte tenu de la distance à la métropole abidjanaise qui concentre la demande en légumes frais pendant la saison sèche. À l'échelle régionale, le maraîchage s'explique en partie par une histoire, celle de l'utilisation des bas-fonds, beaucoup plus valorisés traditionnellement qu'on ne l'a souvent dit, et surtout par des politiques d'aménagement hydrauliques sous la forme originale de petits barrages à vocation initiale pastorale (CECCHI, 1998). Par cette association étroite avec les petits barrages, le maraîchage de saison sèche n'est pas une activité à part, mais fait système tant avec l'agriculture pluviale de plateau qu'avec les divers acteurs et productions des bas-fonds et de leurs retenues d'eau.

Conclusion

La colonisation maraîchère des rives des petits barrages rend compte des articulations entre les lieux du dynamisme maraîcher et les contextes englobants : urbanisation, réseaux commerciaux régionaux et nationaux, politiques d'aménagement et de développement rural. Les petits barrages deviennent ainsi le niveau d'apparition de territoires recherchés ou revendiqués (non sans tensions entre des usagers divers) comme espaces en propre de développement par et pour les communautés locales.

Enfin, les mutations des campagnes sénoufo observées au travers du maraîchage marchand autour des petits barrages ouvrent sur les enjeux de la définition de nouvelles formes de ruralité. Des thèmes importants de recherche restent à explorer, concernant notamment la diversification et l'intensification des relations villes-campagnes en rapport avec la recomposition des hiérarchies spatiales et des lieux du dynamisme agricole que concentrent saisonnièrement les petits barrages.

R é f é r e n c e s

AUBERTIN C., 1983 – Histoire et création d'une région sous-développée : le Nord ivoirien. *Cahiers Orstom, Série Sciences Humaines*, 19 (1) : 23-57.

AUTISSIER V., 1994 – *Jardin des villes, jardins des champs. Maraîchage en Afrique de l'Ouest, du diagnostic à l'intervention*. Éd. du GRET, Coll. Le point sur, 298 p.

BASSETT T., 2002 – « Patrimoine et territoires de conservation dans le Nord de la Côte d'Ivoire ». In CORMIER-SALEM M.-C., JUHE-BEAULATON D., BOUTRAIS J., ROUSSEL B., (éd.) : *Patrimonialiser la nature tropicale. Dynamiques locales, enjeux internationaux*. Paris, IRD Éditions, Coll. Colloques et Séminaires : 323-342.

BASSETT T., KOLI BI Z., 2000 – Environmental Discourses and the Ivoirian Savanna. *Annals of the Association of American Geographers*, 90 (1) : 67-95.

BOUJU J., 1998 – « Contrôle foncier et conflits pour les ressources : l'accès aux bas-fonds aménagés comme enjeu de pouvoir local (Mali, Burkina Faso) ». In AHMADI N., (éd.) : *Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali. Bilan et perspectives nationales. Intérêt pour la zone de savane ouest-africaine*, Cirad Montpellier : 95-108.

BRICAS N., COURADE G., COUSSY J., HUGON P., MUCHNIK J. (éd.), 1985 – *Nourrir les villes en Afrique subsaharienne*. Paris, L'Harmattan, Coll. Villes et Entreprises, 421 p.

CECCHI P., 1998 – De la construction d'un objet pluridisciplinaire : les Petits Barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. *Natures Sciences Sociétés*, 6 (2) : 73-83.

CHALÉARD J.-L., 1996 – *Temps des villes, temps des vivres. L'essor du vivrier marchand en Côte d'Ivoire*. Paris, Karthala, 661 p.

CHALÉARD J.-L., FECKOUA L., PELISSIER P., 1990 – Réponses paysannes à la croissance urbaine en Côte d'Ivoire septentrionale. *Cahiers d'Outre-Mer*, 43 (169) : 5-24.

COURADE G., PELTRE-WURTZ J., 1991 – La sécurité alimentaire à l'heure du néolibéralisme. *Cahiers des Sciences Humaines*, 27 (1-2), 292 p.

FROMAGEOT A., 1998 – *Les contextes de l'émergence du maraîchage marchand dans le Nord de la Côte*

d'Ivoire. Étude de cas : la mise en valeur maraîchère autour des Petits Barrages en pays Sénoufo. Mémoire de DEA de géographie, université Paris-X Nanterre, 147 p.

FROMAGEOT A., 2003 – *Vallées maraîchères. Économies vivrières. Étude géographique de l'essor du maraîchage marchand dans les campagnes du Nord de la Côte d'Ivoire et de l'ouest du Burkina Faso.* Thèse de Doctorat en géographie, université Paris-I Panthéon-Sorbonne, 745 p.

FROMAGEOT A., 2005 – Dépasser l'enclavement : le maraîchage des savanes et l'approvisionnement d'Abidjan. *Espaces Populations Sociétés*, 1 : 83-98.

LAVIGNE-DELVILLE P., 1998 – « Logiques paysannes d'exploitation des bas-fonds en Afrique soudano-sahélienne : quelques repères pour l'intervention ». In AHMADI N., (éd.) : *Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali. Bilan et perspectives nationales. Intérêt pour la zone de savane ouest-africaine*, Cirad Montpellier : 77-93.

LE ROY X., 1999 – « Où la culture cotonnière rénove l'économie paysanne (Côte d'Ivoire) ». In CHAUVEAU J.-P., CORMIER-SALEM M.-C., MOLLARD É., (éd.) : *L'innovation en agriculture : questions de méthodes et terrains d'observation*, Paris, IRD Éditions, Coll. À travers Champs : 199-212.

RAISON J.-P., 1991 – « Croissance des risques et accélération des mutations dans les agricultures africaines : perspectives pour la fin d'un millénaire ». In BEAUD M., VERRIÈRES M. (éd.) : *L'avenir des Tiers Mondes*, Paris, IEDES, Coll. GEMDEV : 171-192.

SNRECH S., 1994 – *Pour préparer l'avenir de l'Afrique de l'Ouest : une vision à l'horizon 2020. Synthèse de l'étude des perspectives à long terme de l'Afrique de l'Ouest (WALTPS).* OCDE/BAD/CILSS, SAH/(94)439, Cirad, Montpellier, 65 p.

Schistosomiases et populations à risques dans les petits barrages

Les schistosomiases sont endémiques dans la plupart des pays ouest-africains. On estime que près de 200 millions de personnes sont parasitées dans le monde tropical, dont plus de 80 % se trouveraient en Afrique (WHO, 1999). Bien que clairement inféodée aux ressources en eau, la distribution des bilharzioses est très focale : des communautés voisines soumises en apparence à des situations écologiques comparables pourront révéler des prévalences, des intensités d'infection et des tableaux cliniques très contrastés (WHO, 1995). La transmission ne se réalise qu'en présence de mollusques hôtes intermédiaires aquatiques, au sein desquels les parasites accomplissent une partie de leur cycle de vie, sous réserve de contacts contaminants et infectants entre l'homme (réservoir principal) et les plans d'eau où se développent les mollusques. Tant les conditions écologiques, favorables ou non à la prolifération des mollusques, que les comportements des hommes, favorables ou non à la transmission, influenceront la dynamique de la parasitose.

Dans le nord de la Côte d'Ivoire, les réservoirs pastoraux constituent des sites favorables à la prolifération de plusieurs espèces de mollusques hôtes intermédiaires (Cecchi *et al.*, ce volume). De nombreuses activités artisanales ou domestiques se concentrent autour de ces petits barrages, qui font intervenir différentes catégories de populations utilisatrices des plans d'eau. Notre propos ici est d'évaluer la parasitémie (prévalences et oviuries) chez les communautés riveraines de quelques retenues pastorales, dans l'objectif de mieux identifier les populations à risques.

Introduction



Toutes les pièces d'eau pérennes et temporaires sont susceptibles d'héberger des populations de mollusques hôtes intermédiaires. Ici, cette résurgence de nappe, en eau de 4 à 5 mois par an, contribuera à la résilience des populations d'hôtes intermédiaires – et peut-être de parasites – dans la région de Katiali.

Matériel et méthodes

Des enquêtes parasitologiques ont été conduites en 1997 sur les communautés de 4 villages riverains de petits barrages (fig. 1) et ayant fait par ailleurs l'objet de prospections malacologiques (Cecchi *et al.*, ce volume).

Ces enquêtes ont principalement concerné les enfants de 5 à 15 ans, scolarisés ou non. En matière de bilharzioses, cette population est classiquement ciblée (WHO, 1995), parce qu'elle constitue un indicateur pertinent des niveaux de prévalence à l'échelle communautaire (VERCRUISSE *et al.*, 2001), et parce qu'elle correspond généralement à la classe d'âge la plus touchée, qui est aussi la plus contaminante. Des pêcheurs, des pasteurs et des maraîchers ont également été associés à cette enquête, en raison des contacts étroits et répétés avec l'eau des barrages que leurs activités imposent.

Les populations autochtones des villages étudiés (fig. 1) appartiennent à différents groupes ethniques : Sénoufo et Malinké à Katiali (Ki) et Nambengué (Nb), Pallaka (sous-groupe sénoufo) à Gboyo (Gb) et Sambakaha (Sb). Des allogènes originaires d'autres régions de Côte

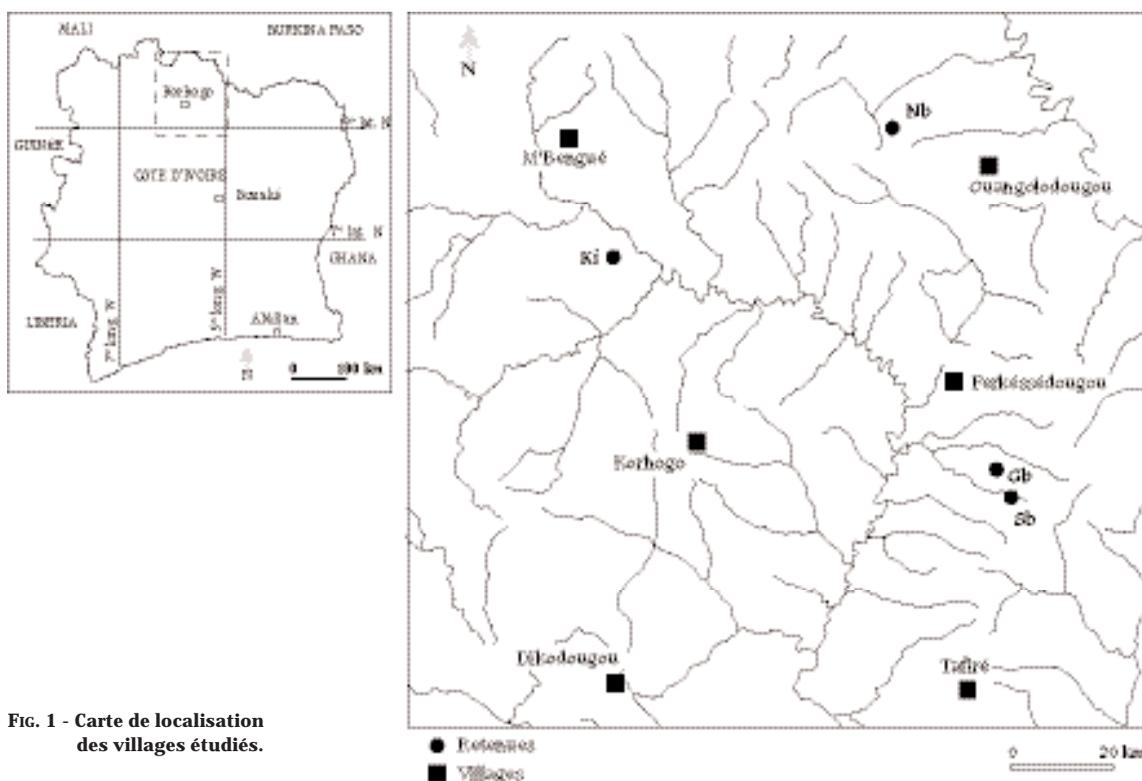


FIG. 1 - Carte de localisation des villages étudiés.

d'Ivoire (Agni, Baoulé, Yacouba principalement) ont également été pris en compte dans ces enquêtes, de même que des « étrangers » (selon leurs propres déclarations : Mossi du Burkina Faso, Bambara et Bozo du Mali, Peuls originaires de ces deux pays).

Pour tous les sujets examinés, les œufs de schistosomes ont été recherchés avec les méthodes classiques rappelées dans N'GORAN (1997) : pour *Schistosoma haematobium*, parasite responsable de la bilharziose urinaire, après filtration des urines sur tissu Nytrell ; pour *S. mansoni*, responsable de la bilharziose intestinale, par examen direct des selles après éclaircissement par le liquide Kato/Katz. Tous les malades dépistés ont été traités au Praziquantel à la dose de 40 mg kg⁻¹ en prise unique, chimiothérapie recommandée de façon consensuelle (CHIPPAUX, 2000).

Les oviuries ont été calculées en considérant la moyenne géométrique des nombres d'œufs dénombrés pour chaque individu dépisté positif (par 10 ml d'urines filtrés pour *S. haematobium* et par g de selles pour *S. mansoni*).

Un bref questionnaire a été proposé à tous les individus enquêtés (âge, sexe, ethnie, scolarisation, activité). À cette occasion, l'infection par *S. haematobium* se manifestant par une hématurie, la question *Avez-vous (eu) du sang dans les urines ?* a été systématiquement posée. Les résultats des filtrations ont été utilisés pour valider les réponses apportées à cette question.

Résultats

Analyse globale des observations

Nous considérerons (tabl. I) dans un premier temps les résultats obtenus sur la base de l'enquête menée entre mai et juin 1997 auprès de l'échantillon total des 649 personnes provenant des 4 villages étudiés (*ie* scolarisés ou non, autochtones et allogènes...).

Aucun œuf de *S. mansoni* n'a été identifié : la prévalence de cette parasitose apparaît donc nulle ici. Le très faible nombre de planorbes collectés lors des échantillonnages malacologiques (Cecchi *et al.*, ce volume) permettait d'anticiper ce résultat.

La prévalence moyenne de la bilharziose urinaire observée sur l'ensemble de l'échantillon est voisine de 32 %, pour une oviurie moyenne de 10,8 œufs par 10 ml d'urines filtrés. Elle est de l'ordre de grandeur des chiffres disponibles pour la région (DOUMENGE *et al.*, 1987).

Ces valeurs masquent toutefois d'importantes disparités. Le cas de Nambengué se distingue du fait de sa prévalence très élevée (56,3 %) associée à l'oviurie la plus forte. C'est dans cette retenue, où un grand nombre de bulins hôtes intermédiaires avaient été collectés, que le parasitisme des mollusques était le plus important (Cecchi *et al.*, ce volume). À l'inverse, les prévalences observées dans les autres sites sont faibles et associées à des oviuries elles aussi moins importantes. C'est à Katiali que la prévalence observée est la plus faible (7,6 %), mais elle est en revanche associée à une oviurie assez élevée.

Tabl. I - Occurrence et prévalence (P, %) des bilharzioses urinaire (S.h.) et intestinale (S.m.) dans les populations des quatre villages enquêtés. Les chiffres entre parenthèses renvoient aux effectifs concernés ; l'oviurie est représentée par la moyenne géométrique des observations (d'après BALDÉ, 1997).

	S. h.	P (%)	Oviurie	S. m.
Nambengué	162 (288)	56,3	16,6	0
Sambakaha	23 (149)	15,4	1,8	0
Gboyoy	16 (120)	13,3	1,9	0
Katiali	7 (92)	7,6	9,7	0

Tabl. II - Hématuries déclarées et parasitémies observées (oviuries indiquées entre parenthèses).

Hématurie	Parasitémie	
	oui	non
oui	149 (22,0)	24
non	59 (1,8)	417

Sur l'ensemble de la population enquêtée, la relation entre les réponses positives à la question *Avez vous (eu) du sang dans les urines ?* et les dépistages positifs révélés par filtration des urines est très hautement significative (tabl. II ; $\chi^2 = 316,7$; $P < 0,0001$).

Les réponses négatives associées à un diagnostic positif correspondent toujours à des oviuries très faibles (1,8 œuf par 10 ml en moyenne) ; dans 50 % des cas, le comptage ne révélait la présence que d'un seul œuf de schistosome. À l'inverse, les réponses positives associées à des diagnostics également positifs correspondent à des charges parasitaires toujours beaucoup plus élevées (22,0 œufs 10 ml⁻¹ en moyenne). De fait, moins de 10 % des cas renvoient à l'observation d'un seul œuf dans l'échantillon.

L'utilisation de cette question lors de sondages rapides, comme ici auprès d'une population âgée de 5 à 15 ans, et dont une partie n'est pas scolarisée, paraît pertinente. Elle fournit une image légèrement sous-estimée de la prévalence : 26,7 % d'hématuries déclarées pour une prévalence estimée par comptage des œufs à près de 32 % (tabl. III). Il apparaît que la sous-estimation est d'autant plus marquée que les prévalences sont faibles et qu'elle est surtout associée aux individus ne déclarant pas d'hématurie tout en étant parasités, mais avec de faibles oviuries.

Tabl. III - Hématurie déclarée (H+) et parasitose observée (P+). Comparaison des résultats des trois villages regroupés à faible prévalence, de Nambengué et de l'échantillon total. (P+H+, hématurie déclarée et parasitose observée ; P+H-, parasitose observée sans hématurie déclarée).

	N	H+		P+			P+ H+		P+ H-	
		(N)	(%)	(N)	(%)	(œufs 10 ml ⁻¹)	(N)	(œufs 10 ml ⁻¹)	(N)	(œufs 10 ml ⁻¹)
Trois villages	361	19	5,3	46	12,7	2,4	17	6,1	29	1,4
Nambengué	288	154	53,5	162	56,3	16,6	132	26,0	30	2,3
Quatre villages	649	173	26,7	208	32,0	10,8	149	22,0	59	1,8

Les charges parasitaires sont en effet toujours très faibles pour les individus porteurs du parasite qui ne déclarent pas d'hématurie (P+H-, tabl. III), tandis qu'à l'inverse elles sont toujours plus élevées pour les individus parasités déclarant une hématurie (P+H+). Ces indicateurs sont cependant sujets à des fluctuations quotidiennes bien connues, dont l'impact est d'autant plus important sur les estimations que les prévalences rencontrées sont faibles (CAMPAGNE *et al.*, 1999).

Dans les villages à faible prévalence, le questionnaire renvoie une image sous-estimée de la situation en raison de la forte contribution à la parasitémie globale d'individus ne déclarant pas d'hématurie (29 sur 46, soit 63 % des individus dépistés). Comme ceux-ci ont de plus des charges parasitaires faibles, ils contribuent à augmenter la prévalence effectivement mesurée (plus d'individus « positifs ») tout en diminuant l'oviurie moyenne de la population (charges parasitaires des « faux négatifs » faibles). De fait, les individus « doubles positifs » révèlent des oviuries nettement plus fortes (6,1 œufs par 10 ml à comparer à 1,4).

À Nambengué, la contribution des individus (P+H-) est inférieure à 20 %, tandis que les oviuries observées sont toutes nettement plus élevées que dans le cas précédent. Dans une telle situation, la contribution des faux négatifs au questionnaire sera minorée, tandis que les fortes oviuries observées n'influeront que peu sur l'oviurie globale de la population. La sous-estimation est donc moins importante, prouvant ainsi que le questionnaire apporte tous les éléments d'information requis pour l'identification rapide de zones ou de populations à risques.

Prévalences par ethnie, classe d'âges, activité et sexe

Les sous-échantillons (par classes d'âges, activités, origines, etc.) constitués au sein des populations de chacun des villages ne se sont pas révélés toujours statistiquement comparables d'un village à l'autre en raison d'effectifs déséquilibrés. Une base de données réduite mais homogène (N = 563), ne considérant que les autochtones filles et garçons répartis en deux classes d'âges (5-9 et 10-14 ans), a donc été constituée pour comparer les profils épidémiologiques de chacune des localités. De 5 à 17 % des populations initiales de chacun des villages ont ainsi été écartées.

Sur cette base, il apparaît que les garçons sont plus parasités que les filles (prévalences respectives de 33,5 % et 24,7 %, $\chi^2 = 5,04$, ddl = 1, $P < 0,05$) et que les adolescents de 10-14 ans sont nettement plus touchés que leurs cadets (39,8 % et 21,3 % respectivement, $\chi^2 = 21,59$, ddl = 1, $P < 0,0001$). Il n'existe pas de différence significative entre les

élèves et les non-scolarisés (27,6 % et 33,3 % respectivement, $\chi^2 = 2,19$, ddl = 1, $P > 0,1$). En revanche, les Sénoufo et les Malinké, autochtones des villages de Nambengué et Katiali, sont très significativement plus parasités que les Pallaka, autochtones des villages de Sambakaha et Gboyo (45,5 %, 40,5 % et 13,2 %, respectivement, $\chi^2 = 57,94$, ddl = 2, $P < 0,0001$).

Ces différents résultats sont conformes au profil épidémiologique habituellement rencontré dans la région pour la bilharziose urinaire : les adolescents garçons, qui non seulement sont plus parasités que leurs cadets ou que les filles quel que soit leur âge, correspondent également à la tranche d'âge qui émet le plus d'œufs (15 œufs 10 ml⁻¹ filtrés, contre 9,5 et 7,3 œufs 10 ml⁻¹, respectivement).

La différence très significative observée entre les prévalences des populations des villages Sénoufo et Malinké, d'une part, et Pallaka, d'autre part, ne trouve pas d'explication simple et directe à partir de l'observation des peuplements de mollusques hôtes intermédiaires présents dans les barrages. C'est à Sambakaha, par exemple, que le plus grand nombre de mollusques avait été collecté au moment de ces enquêtes, tandis que, dans le même temps, aucun n'avait été trouvé à Katiali (Cecchi *et al.*, ce volume).

**Lessive et vaisselle...
Partout et tout le temps,
la création d'un petit barrage
s'accompagne instantanément
de son utilisation par les ménagères
des villages riverains.
Si la régularité de cette fréquentation
peut correspondre à un facteur
de risque sanitaire en regard
de certaines maladies parasitaires,
elle doit aussi être entendue
comme un acte social,
de communication et d'échange.**



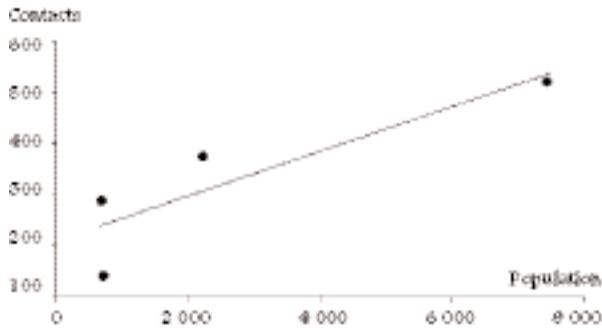


FIG. 2 - Fréquentation des réservoirs selon l'importance des populations riveraines ($R^2 = 0,77$). (Contacts : nombre total de contacts recensés sur chacun des sites entre mai et août 1997 ; 16 jours d'observation par retenue et par mois ; d'après BALDÉ, 1997).

Il n'existe pas non plus de relation claire entre la prévalence des communautés riveraines des réservoirs et l'intensité de la fréquentation des retenues. Cette dernière est en revanche étroitement – et logiquement – liée à l'importance numérique des communautés villageoises (fig. 2). Là encore, les résultats de cette approche globale masquent toutefois d'importantes disparités, notamment dans les situations les plus aiguës comme à Nambengué.

Les enfants du village de Nambengué

Les mêmes analyses ont été reprises pour la seule population du gros village de Nambengué. Le peuplement autochtone est constitué de Sénoufo et de Malinké, qui ne présentent pas de différence significative en terme de parasitémie ($\chi^2 = 1,15$, ddl = 1, $P > 0,2$, $N = 240$).

Les effets du sexe et de l'âge des individus enquêtés sont extrêmement significatifs (tabl. IV) : les garçons sont plus parasités que les filles (65,2 % et 43,1 % respectivement), et la prévalence est plus forte chez les adolescents que chez leurs cadets (66,1 % contre 43,2 %).

La variable « activité » est également significative. Les sous-échantillons des élèves et des non-scolarisés ne diffèrent pas dans leur composition selon le sexe et l'âge, et il ressort de leur comparaison que les enfants non scolarisés sont plus parasités que les élèves : prévalences de 67,1 % et 48,9 % ($P < 0,01$) ; oviuries de 27,6 et 10,8 œufs 10 ml⁻¹, respectivement.

Cette situation n'est pas anodine, même si elle paraît logique dans la mesure où les enfants non scolarisés exercent dans leur grande majorité des activités agricoles ou domestiques susceptibles d'augmenter leur probabilité de contact avec le milieu aquatique et ses parasites (puisage d'eau, arrosage des parcelles maraichères, conduite des bœufs, etc.).

Tabl. IV - Différences de parasitémie à Nambengué selon le sexe, l'âge et l'activité.

	χ^2	ddl	P
sexe	11,59	1	< 0,001
âge	11,71	1	< 0,001
activité	7,45	1	< 0,001

La prévalence globale observée à Nambengué est très élevée en regard des observations provenant des autres sites étudiés : près de 56 % des enfants sont contaminés. Si l'échantillon de Nambengué n'avait été composé que d'élèves, cette prévalence serait restée voisine de 49 %. L'influence des enfants non scolarisés est donc nette.

Dans le nord de la Côte d'Ivoire, les chiffres officiels annoncent un taux net de scolarisation (TNS)¹ de l'ordre de 33,5 % (SEDEL, 1999). En utilisant cette valeur, il est possible de recalculer la composition d'un échantillon théorique dont les effectifs reproduiraient le profil scolaire de la population ciblée. L'échantillon théorique serait alors composé de 80 élèves et de 160 non scolarisés (contre 149 et 91, respectivement, dans l'échantillon « vrai »). La prévalence globale de la population ciblée passerait alors à 60,8 %. Elle était déjà très élevée et le résultat n'est pas, en lui-même, très spectaculaire même s'il aggrave la situation parasitaire de la population considérée.

¹ TNS : rapport entre le nombre d'enfants en âge scolaire qui fréquentent l'école et le nombre total d'enfants du même âge dans la population, scolarisés ou non.

Lors de cette enquête, les 134 enfants dépistés positifs, dont 61 enfants non scolarisés, avaient tous été traités au Praziquantel. La recombinaison de l'échantillon théorique indique 107 enfants positifs parmi les non scolarisés : il existe donc une fraction « cryptique » de 46 enfants (107 moins 61), soit un peu plus de 40 % de la population non scolarisée, qui n'a pas été dépistée, ni *a fortiori* traitée, et qui conserve donc intégralement son potentiel contaminant, du fait d'oviuries souvent très élevées.

Si la non-prise en considération de cette population « cryptique » ne change pas grand-chose quant à la perception du niveau d'endémie de la pathologie (qui était et reste très élevé), il n'en va pas de même en terme de prise en charge de la maladie. Ce sont en effet près de 40 % des enfants du village qui n'ont pas été traités. Ces enfants constituent la base d'un foyer potentiel de recontamination des milieux, d'autant plus actif qu'ils sont le plus souvent directement en contact avec les masses d'eau du fait de leurs activités, et qu'ils échappent aux traitements et aux mesures d'accompagnement qui vont avec et, en premier lieu, l'information.

Autochtones, allogènes et étrangers

Les résultats précédents ont été obtenus en ne considérant que les individus autochtones des villages étudiés. Il apparaissait notamment que Sénoufo et Malinké se distinguaient des Pallaka par des parasitémies nettement plus élevées.

Lors des enquêtes, 43 individus non autochtones, majoritairement des hommes, ont également été pris en considération. L'effectif est certes très faible, mais les résultats obtenus appellent néanmoins quelques commentaires. Deux sous-populations ont été constituées, qui regroupent d'une part des allogènes (Agni, Baoulé, Yacouba) et d'autre part des étrangers (Bambara, Peul, Bozo, Mossi). Les classes d'âge représentées (il a été rajouté une classe [> 15 ans] par rapport aux résultats précédents) ne diffèrent pas au sein des deux sous-groupes ($\chi^2 = 7,17$, ddl = 2, $P < 0,05$). Il apparaît que les étrangers sont très nettement plus parasités que les allogènes (84,2 % contre 15,8 %, respectivement ; $\chi^2 = 9,16$, ddl = 1, $P < 0,01$). Les plus de 15 ans sont tous parasités.

Par ailleurs, tous les allogènes sont scolarisés au village, tandis que près de 70 % des étrangers ne le sont pas.

Comme dans le cas des enfants non scolarisés de Nambengué, cette population d'étrangers, présente dans toutes les localités et très fortement contaminée, représente un réservoir important de parasites (oviurie moyenne de 25 œufs 10 ml^{-1} ; maximales supérieures à 900 œufs 10 ml^{-1}) et constitue de ce fait une population à risque éventuellement contaminante. Sa présence est directement associée à diverses formes de mises en valeur des plans d'eau (pastoralisme, pêche et maraîchage), qui, pour les deux premières, sont notamment caractérisées par l'itinérance. Cette population, en étroite contact avec les plans d'eau, mobile et fortement parasitée, intervient vraisemblablement de façon importante dans la dispersion des parasites, et, éventuellement, la contamination des sites. Tout comme les enfants non scolarisés de Nambengué, nous la qualifierons de « cryptique » tant elle échappe généralement à la fois aux campagnes de traitement comme de prévention.

Discussion

En 1973, selon le secteur départemental de la Santé, cité par N'GORAN (1984), la région de Korhogo était considérée comme une zone à faible endémie ou indemne de schistosomiasis. En 1999, une consultation informelle d'experts réunis par l'OMS relevait qu'à la faveur de l'édification de nombreux barrages, la schistosomiase urinaire s'était propagée dans

la plupart des régions de Côte d'Ivoire (WHO, 1999), et notamment dans le nord du pays (KOUAKOU, 2000). Le rôle déterminant des petits barrages à vocation agropastorale dans l'émergence et la pérennisation des foyers de bilharziose a par ailleurs été mis en évidence, comme par exemple dans le nord-est du Ghana (HUNTER, 2003).

La situation infrarégionale est cependant très hétérogène, comme l'illustre la figure 3.

Les mollusques hôtes intermédiaires de *S. haematobium* sont présents partout, mais les prévalences observées paraissent fortement liées aux types de mises en valeur des ressources dont disposent les populations. Les retenues pastorales et agricoles jouent en particulier un rôle significatif, même si des situations contrastées ont été observées.

Aucun cas de schistosomiase intestinale n'avait été recensé lors des enquêtes réalisées en 1997 auprès des populations riveraines des petits barrages. Deux cas avaient été identifiés en 1995, à l'occasion d'enquêtes de même nature conduites sur des populations issues des mêmes villages (SAMOURA, 1996). Les *Biomphalaria* ont toujours montré de faibles effectifs lors des prospections malacologiques réalisées dans les barrages agricoles (Cecchi *et al.*, ce volume). En revanche, cette espèce ubiquiste était retrouvée dans différents types de plans d'eau, à l'exception des mares temporaires. L'absence définitive de l'hôte intermédiaire dans les barrages ne saurait donc être invoquée pour expliquer les prévalences négligeables observées lors de nos enquêtes. Il apparaît par ailleurs que cette situation ne se reproduit ni pour les riverains des bas-fonds, quelle que soit l'intensité de leur exploitation, ni pour ceux de la retenue agricole de Sologo, qui révèlent tous des prévalences plus élevées. Si les conditions écologiques au sein des petits barrages paraissent défavorables à la prolifération des hôtes intermédiaires de *S. mansoni*, il n'en demeure pas moins que le réservoir de parasites existe à l'échelle régionale.

La mise en œuvre d'un questionnaire simplifié destiné à évaluer la prévalence de la bilharziose urinaire révèle une nouvelle fois son efficacité : les villages les plus affectés sont clairement identifiés et la sous-estimation de la prévalence diminue quand celle-ci augmente. Conçue initialement pour des évaluations rapides à l'échelle des districts dans un objectif opérationnel (identification des zones d'action prioritaires), cette approche s'appuie sur le réseau scolaire qui permet une large et rapide diffusion des questionnaires, leur prise en compte, puis leur retour. Cette approche a été utilisée avec succès dans le centre de la Côte d'Ivoire (N'GORAN *et al.*, 1998), et pourrait être élargie à l'ensemble du pays.

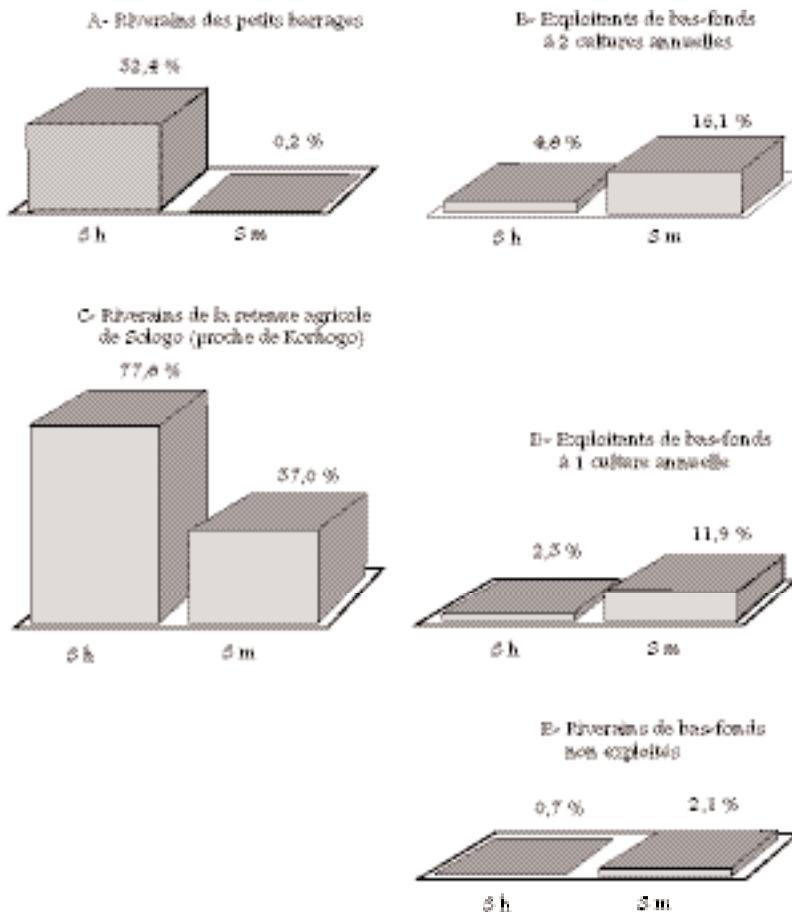


FIG. 3 - Prévalences des schistosomiasis urinaire (S h) et intestinale (S m) dans différents types d'agrosystèmes du nord de la Côte d'Ivoire.
 A, d'après SAMOURA (1996) et BALDÉ (1997) ;
 B, d'après YAPI (données non publiées) ;
 C à E, d'après YAPI *et al.* (2005).

Le profil des populations parasitées au sein des communautés riveraines des retenues pastorales montre que, globalement, garçons et filles ne partagent pas les risques de la même façon, les premiers étant sensiblement plus infectés que les secondes. De même, les adolescents paraissent toujours plus parasités que les jeunes enfants. En termes de fréquentation des plans d'eau, sur 16 jours d'enquêtes par réservoir et par mois durant la période d'étude, autant de garçons que de filles se sont présentés aux bords des barrages (49 % et 51 % respectivement des contacts observés ; d'après BALDÉ, 1997). Les filles sont toutefois plus présentes le matin que les garçons, pour des contacts à dominante domestique, tandis que les garçons sont présents principalement du milieu de la journée jusqu'au soir, pour des activités artisanales et ludiques. Il apparaît donc que ces derniers sont plus présents que les filles aux heures d'émissions cercariennes de *S. haematobium*.

Les fortes différences de prévalence observées entre autochtones, Sénoufo et Malinké, d'une part, Pallaka, d'autre part, ne sont liées de façon claire ni aux peuplements de mollusques hôtes intermédiaires en présence, ni à l'intensité de la fréquentation des retenues dont ils sont les riverains. Il n'existait aucune caractéristique intrinsèquement liée aux populations de mollusques et à leur environnement qui aurait pu expliquer ces différences. Le faisceau des déterminants potentiels, leur diversité et leurs interactions rendent malaisée toute tentative d'explication, à défaut d'informations complémentaires spécifiquement collectées.

Du fait d'une dynamique de populations caractérisée notamment par la récurrence de processus d'extinctions puis de recolonisations, la caractérisation instantanée des peuplements de mollusques ne suffit pas à déterminer le potentiel pathogène associé aux aménagements. Les flux parasitaires sont intimement liés à l'intensité de la fréquentation des retenues par les communautés riveraines, qui pourront tant y contaminer les hôtes intermédiaires, que s'y infecter au contact du stock de parasites émis par les mollusques. Pour autant, il apparaît que la pression anthropique exercée sur les retenues est très fortement liée à l'importance numérique des communautés villageoises riveraines, sans préjuger de l'intensité des flux parasitaires associés à cette fréquentation. Le grand nombre de contacts recensés à Nambengué, dans le contexte d'une malacofaune abondante et pour partie parasitée, est ainsi compatible avec le fait que des prévalences élevées y soient observées.

L'observation détaillée de la population enquêtée à Nambengué met en exergue l'influence importante de la fraction des enfants autochtones non scolarisés et des exploitants étrangers sur le statut épidémiologique de cette localité. Ceux-ci constituent en effet une population fortement parasitée qui, par ses activités, est en contact étroit et répété avec le plan d'eau. De façon générale, les étrangers correspondent de plus à une population caractérisée par l'itinérance et la mobilité, de plan d'eau à plan d'eau. Pasteurs et pêcheurs, notamment, exploitent au gré d'opportunités diverses les ressources en eau qui leur sont accessibles, par des déplacements qui se développent à l'échelle régionale, voire interrégionale. Dans une moindre mesure, les exploitants maraîchers et les manœuvres qu'ils emploient pour l'irrigation de leurs parcelles sont également concernés par des déplacements qui se développeront plutôt à l'échelle des terroirs de leurs villages (parcelles maraîchères auprès du barrage et rizières familiales dans un autre bas-fond, par exemple). Des flux parasitaires associés à de tels déplacements, voire à des échelles plus larges encore, ont été décrits de longue date (FENET-RIEUTORD, 1986, par exemple).

En tout état de cause, ces deux fractions de populations sont ici qualifiées de « cryptiques », dans la mesure où l'une comme l'autre échapperont aux campagnes de sensibilisation et de lutte si celles-ci reposent, comme c'est la tendance actuellement, sur le système scolaire. Ce dernier est certes largement implanté à l'échelle du territoire tout entier, mais inégalement fréquenté par les populations à risque. Des études spécifiques permettraient de mieux évaluer l'impact réel du réservoir parasitaire que représentent ces populations cryptiques et mobiles sur la dynamique épidémiologique de la pathologie.

Conclusion

Si la bilharziose intestinale paraît pour l'heure très peu établie au sein des populations riveraines des petits barrages, il n'en reste pas moins qu'à l'échelle régionale, le réservoir de parasite est présent, tout comme le sont les hôtes intermédiaires. Le cycle parasitaire paraît peu opérationnel, sans que l'on puisse dire ici si ce sont des conditions écologiques peu favorables à la prolifération des *Biomphalaria* au sein des barrages pastoraux qui en sont responsables, ou bien si le réservoir de parasites chez les riverains des aménagements – qui souvent ne fréquentent pas que ces retenues – est trop faible pour assurer des conditions de transmission viables pour la propagation de la parasitose.

Pour la bilharziose urinaire, les adolescents de sexe masculin de 10 à 14 ans constituent le groupe à risque le plus nettement identifié par les enquêtes, quelles que soient leur activité et (ou) leur origine. Des enquêtes de fréquentation ciblées (voir ERNOULD, 2000) permettraient d'établir précisément les causes de cette sur-contamination des adolescents : le nombre, la période, la durée et l'intensité des contacts différent entre filles et garçons et constituent vraisemblablement un paramètre fondamental. Si les situations écologiques rencontrées par les unes et par les autres sont les mêmes, c'est bien le degré d'exposition qui change.

Le groupe à risque le plus élevé correspond à des fractions de la population difficilement accessibles par les campagnes de sensibilisation et de prévention : enfants non scolarisés, d'une part, artisans pêcheurs, pasteurs et maraîchers d'autre part. Il paraîtrait utile que des stratégies spécifiques soient mises en œuvre, tant pour diminuer la parasitémie des intéressés que pour les sensibiliser à l'adoption de comportements sécuritaires en regard des modes de circulation des parasites. Données empiriques et modèles déterministes montrent que dans une situation

de diversité épidémiologique (plusieurs populations aux profils parasitaires contrastés), comme c'est le cas ici, l'hétérogénéité (tant en terme de prévalences que d'oviuries) va tendre à stabiliser les populations de parasites et à les rendre résilientes (paradigme classique en écologie). Dans de telles circonstances, des mesures de contrôle plus efficaces devraient ralentir le flux parasitaire à partir des sites (molluscicides) ou des groupes (chimiothérapie) les plus contaminés (ANDERSON et MAY, 1991).

Dans la zone du barrage de Sélingué, au Mali, par exemple, l'autorisation d'installation des pêcheurs n'était délivrée par les services des Eaux et Forêts qu'après un examen parasitologique des selles et urines de l'ensemble des membres de leurs familles, et l'administration d'un traitement anti-bilharzien à tous ceux qui étaient trouvés positifs. Ce processus permettait de « blanchir » les pêcheurs et leur famille avant leur installation (TRAORÉ, 1989).

Dans une optique opérationnelle, et pour ce qui relève spécifiquement des activités développées sur et autour des petits barrages pastoraux, sensibilisation et traitement des individus concernés pourraient ou devraient reposer sur les Comités de gestion, officiellement en charge de la régulation et du contrôle des accès aux ressources associées à ces aménagements, en partenariat avec les services de Santé. Sous réserve que durcissements identitaires et remises en cause de la légitimité du rôle de ces comités ne mettent à mal une telle perspective.

R é f é r e n c e s

- ANDERSON R. M., MAY R. M., 1991 – *Infectious diseases of humans*. Oxford Univ. Press, 757 p.
- BALDÉ S., 1997 – *Mollusques et schistosomoses dans les Petits Barrages du Nord de la Côte d'Ivoire*. Mémoire de DEA, CEMV, Univ. Abidjan, Côte d'Ivoire, 65 p. + annexes.
- CAMPAGNE G., VERA C., BARKIRE H., TINNI A., TASSIE J.-M., GARBA A., SELLIN B., CHIPPAUX J.-P., 1999 – Évaluation préliminaire des indicateurs utilisables au cours d'un programme de lutte contre la bilharziose urinaire au Niger. *Méd. Trop.*, 59 : 243-248.
- CHIPPAUX J.-P., 2000 – *La lutte contre les schistosomoses en Afrique de l'Ouest*. Paris, IRD, Coll. Colloques et Séminaires, 290 p.
- DOUMENGE J.-P., MOTT K.-E., CHEUNG C., VILLENAVE D., CHAPUIS O., PERRIN M.-F., REAUD-THOMAS G., 1987 – *Atlas de la répartition mondiale des schistosomoses*. Ceget-CNRS et OMS, Talence et Genève, 400 p.
- ERNOULD J.-C., 2000 – « Importance du comportement humain dans la transmission des schistosomoses ». In Chippaux J.-P. (éd.) : *La lutte contre les schistosomoses en Afrique de l'Ouest*. Paris, IRD, Coll. Colloques et Séminaires : 31-41.
- FENET-RIEUTORD M., 1986 – Espace géographique et santé en Afrique centrale : la diffusion des maladies le long du fleuve Oubangui (1885-1982). *Cah. Sci. Hum.*, 22 (2) : 231-256.
- HUNTER M.-H., 2003 – Inherited burden of disease: agricultural dams and the persistence of bloody urine (*Schistosomiasis haematobium*) in the Upper East Region of Ghana, 1959-1997. *Social Science and Medicine*, 56 : 219-34.
- KOUAKOU J., 2000 – « Situation des schistosomoses en Côte d'Ivoire ». In Chippaux J.-P. (éd.) : *La lutte contre les schistosomoses en Afrique de l'Ouest*. Paris, IRD, Coll. Colloques et Séminaires : 199-204.
- N'GORAN E., 1984 – *Épidémiologie des schistosomoses dans un village de savane humide de Côte d'Ivoire : N'Guessan Pokoukro*. DEA, univ. d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 35 p. + annexes.
- N'GORAN E., 1997 – *Biodiversité, transmission et épidémiologie de Schistosoma haematobium, Bilharz, 1852, et des schistosomoses apparentées en Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat, univ. de Perpignan, 220 p.
- N'GORAN E., UTZINGER J., TRAORE M., LENGELER C., TANNER M., 1998 – Identification rapide par questionnaire des principaux foyers de bilharziose urinaire au centre de la Côte d'Ivoire. *Méd. Trop.* 58 : 253-260.
- SAMOURA J., 1996 – *Écodistribution des mollusques hôtes intermédiaires et situation épidémiologique des schistosomoses dans les Petits Barrages du Nord de la Côte d'Ivoire*. Mémoire de DEA, CEMV, univ. d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 56 p.
- SEDEL C., 1999 – *Les relations de genre et la scolarisation primaire en milieu rural Sénoufo, au Nord de la Côte d'Ivoire*. Abidjan, ENSEA, Projet École 2000, 43 p. + annexes.
- TRAORÉ M., 1989 – Schistosomiasis in the Selingue dam area, the integrated approach. *Trop. Med. Parasitol.*, 40 : 228-231.
- VERCRUYSSÉ J., SHAW D. J., DE BONT J., 2001 – Index of potential contamination for schistosomiasis. *Trends Parasitol.*, 17 (6) : 256-261.
- WHO, 1995 – *Identification of high-risk communities for schistosomiasis in Africa: a multicountry study*. TDR/SER/PRS/15, WHO, Geneva, 83 p.
- WHO, 1999 – *Rapport de la Consultation informelle de l'OMS sur la lutte contre les schistosomoses*. CDS/SIP/99.2, 65 p.
- YAPI Y., BRIET O. J. T., DIABATE S., VOUNATSOU P., AKODO E., TANNER M., TEUSCHER T., 2005 – Rice irrigation and schistosomiasis in savannah and forest areas of Côte d'Ivoire. *Acta Trop.*, 93 (2) : 201-211.

Conclusion

Les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire à l'heure du bilan

« La valeur n'a d'autre mesure que la valeur : il n'y a point d'unité fondamentale donnée par la nature, il n'y a qu'une unité arbitraire et de convention. » Cette citation de Turgot, extraite du *Grand Robert*, illustre l'un des divers sens du mot *valeur* ; *valeur* que l'on essaiera de calculer, d'apprécier, d'estimer, sur laquelle on tentera de porter un jugement, à l'occasion d'un exercice d'*évaluation*.

Dans le cas présent, l'exercice consisterait à cerner les bénéfices et les risques, potentiels ou avérés, associés aux petits barrages.

Ces réservoirs artificiels, petits, nombreux, dispersés, profilent depuis une vingtaine d'années une géographie complexe dans la savane ivoirienne.

Leur édification sous l'égide de la Sodepra visait à l'époque à répondre à des objectifs légitimés d'autosuffisance alimentaire et de promotion d'un milieu rural, le Nord, tenu à l'écart du « miracle ivoirien » des années fastes dont les régions méridionales du pays venaient de bénéficier. Il s'agissait en premier lieu d'assurer l'approvisionnement en viande des grands centres urbains de Bouaké et d'Abidjan, en s'affranchissant des importations, au travers d'une politique volontariste de sédentarisation du cheptel transhumant concrétisée par la construction de plus de 250 barrages dans tout le nord du pays, et de nombreuses autres mesures et infrastructures d'accompagnement du pastoralisme. Sur la période 1980-1993, le financement des projets de développement de l'élevage est ainsi évalué à plus de 155 milliards de F CFA (ANCEY, 1997). Ces investissements ont créé des conditions d'accueil exceptionnelles en Afrique de l'Ouest ; ils marquaient la double volonté de développer la production nationale de viande et d'affirmer, à l'époque des sécheresses, la solidarité avec les pays sahéliens voisins.

L'évolution du cheptel : un indicateur de l'impact des opérations pastorales

On dénombrait en 1970 moins de 100 000 têtes de bétail en Côte d'Ivoire (BASSETT, 1994). Vingt ans plus tard, en 1991, c'était un peu plus d'un million et, en 1994, on estimait ce cheptel à plus de 1,2 million de têtes auxquelles il convient d'ajouter environ 400 000 transhumants (ANCEY, 1997). À cette date, environ 50 % de la demande nationale était satisfaite par ce cheptel sédentarisé qui par ailleurs fournissait les 2/3 des bœufs utilisés pour la culture attelée (DIALLO, 1995).

Force est donc de constater que la succession d'initiatives et d'événements qui ont environné la filière élevage, depuis les années 1970, a donné au nord de la Côte d'Ivoire la vocation pastorale que l'État souhaitait voir émerger : avec 85 % du cheptel national (données PNASA-Minagra, non publiées), cette région est en effet la première en importance dans l'élevage bovin ; la densité du cheptel y est comparable à celles observées au Burkina Faso et au Mali (DIALLO, 1995).

Les pasteurs sédentarisés se sont largement investis dans la culture commerciale dominante dans la région, le coton, et leur statut d'éleveur a glissé vers un statut d'agro-pasteurs. D'un autre côté, la propriété des troupeaux n'est plus l'apanage des seuls pasteurs sédentaires ou migrants, et il existe désormais un véritable cheptel appartenant à des autochtones, dont la conduite reste en revanche confiée à des bouviers peuls.



**Bouvier peul
près du petit barrage
de Dikodougou.**

Les objectifs initiaux paraissent donc atteints : il y a effectivement eu émergence d'un cheptel national important et une sensible limitation de la dépendance des importations pour l'approvisionnement du marché intérieur. L'intégration des pasteurs sédentarisés demeure cependant une préoccupation majeure avec, au centre du débat, la crise foncière qui par endroits se traduit pour les Peuls par de véritables exclusions des accès aux barrages (Coulibaly *et al.*, ce volume). Les aménagements deviennent alors le lieu de cristallisation des tensions sociales, sous des formes parfois inattendues.

La dynamique maraîchère : quand des projets de développement antagonistes se percutent

À partir du début des années 1980 et en marge du pastoralisme, la Côte d'Ivoire a également commencé à s'investir dans la culture de l'oignon et la promotion de son exploitation, sur la base d'un constat : une très forte demande et une production négligeable (DAVID et MOUSTIER, 1998). L'émancipation des femmes, par leur accès à une activité rémunératrice, était un produit attendu explicite inscrit dans les objectifs du projet. À plus d'un titre, cette spéculation est apparue comme une véritable innovation : monoculture marchande, intensive, de bas-fond, de contre-saison, monétarisée, forte consommatrice d'intrants et de travail... (FROMAGEOT, 2003). Le succès a par endroits été spectaculaire. Dans le village de Korokara, au nord de Korhogo, saison après saison, les parcelles ont progressivement enfermé les barrages dans une ceinture maraîchère qui n'a finalement laissé libres que l'extrême amont et deux étroits accès de part et d'autre des digues.

À l'issue de la saison 1995-1996 (tabl. I), on comptait 150 exploitants à Korokara et la production approchait 120 tonnes, soit une valeur globale d'environ 18 millions F CFA et un gain moyen annuel brut de 120 000 F CFA par exploitant (FROMAGEOT, 1996). Ce chiffre masque cependant d'importantes disparités. En 1992-1993, seules des femmes exploitaient ces parcelles ; quatre ans plus tard, et bien qu'elles soient encore majoritaires, elles ne contrôlaient plus que 50 % de la production tandis que les 2/3 de la production globale étaient en réalité contrôlés par moins de la moitié des exploitants.

Après quelques années, le développement de la culture de l'oignon, certes rémunératrice, s'est révélé aussi générateur de nouvelles formes d'exclusions ou de différenciations sociales. Alors qu'initialement, le

Saisons	Exploitants (N)	Production (t)
1992-1993	22	12,5
1993-1994	60	44,6
1994-1995	103	92,3
1995-1996	150	117,0

Tabl. I - Dynamique de l'exploitation de l'oignon à Korokara.

(Source : FROMAGEOT, 1996)

projet visait à favoriser l'indépendance des femmes, ce sont finalement des hommes qui contrôlent la majorité de la production. Ces cultures individuelles ne peuvent être réalisées que lorsque la participation aux cultures familiales en laisse le temps : tous les membres d'une unité domestique de production n'y ont donc pas accès. C'est pourquoi le maraîchage des jeunes et des femmes profite surtout aux hommes et aux anciens qui contrôlent force et temps de travail des maisonnées.

Concrètement, la population ciblée est écartée.

Par ailleurs, du fait de la rentabilité de la culture, on a assisté à d'autres formes d'exclusions : les étrangers n'ont pas été associés au projet ; les lignages, qui traditionnellement détiennent la propriété de la terre, ont réaffirmé leur prérogative et progressivement écarté les autres familles de cette culture. La périphérie des réservoirs, espace initialement disponible, s'est concrètement et progressivement privatisée, au profit des autorités coutumières locales et de leurs proches.

Enfin, le développement des cultures maraîchères n'élargit qu'en apparence le spectre multi-usages des barrages. L'expansion des parcelles se traduit par une fermeture de l'espace qui n'est pas sans poser de graves problèmes d'accès à l'eau pour les troupeaux du fait des dégâts de cultures occasionnés. On peut se demander si le formidable développement du maraîchage et les bénéfices qui en sont tirés ne rejoignent pas un autre objectif : saturer l'espace, fermer l'accès, voire provoquer des dégâts de cultures, pour finalement exclure encore plus des pasteurs déjà marginalisés (COULIBALY, 1998).

En ce sens, la réappropriation de l'espace périphérique des barrages rejoindrait une stratégie plus globale de réaffirmation des droits de propriété foncière par les paysans autochtones. À ce titre, les petits barrages deviennent des lieux de tensions sociales exacerbées pouvant se traduire parfois par de véritables exclusions.

Le maraîchage viendrait-il alors contrecarrer les objectifs initialement dévolus aux barrages pastoraux ?

**Jardin maraîcher installé
en rive gauche du réservoir
de Sambakaha.
L'épaisseur de la barrière
d'épineux installée par l'exploitant
de cette petite parcelle
est à la mesure de l'intensité
de la fréquentation pastorale
de ce réservoir.**



La valeur agricole des terres de petits barrages n'en demeure pas moins une réalité. 90 % des réservoirs de la région sont pérennes en année hydrologique normale (Gourdin *et al.*, ce volume). En fin de saison sèche, ce sont de 50 à 70 % des surfaces mises en eau lors de leur remplissage qui sont libérées, en premier lieu sous l'effet de l'évaporation. Ces zones de marnage constituent une ressource de plus en plus reconnue et convoitée en raison de leur potentiel agricole, lié en premier lieu à la proximité immédiate d'une ressource en eau permanente. De fait, la mise en exploitation de parcelles maraîchères est aujourd'hui la première motivation pour les demandes d'aides à la construction de nouvelles retenues.

Appropriation et rentes d'exploitation : porte ouverte à la dérive des objectifs

Tandis que les pasteurs étaient les destinataires explicites de ces aménagements (tabl. II), leur gestion fut confiée aux populations autochtones

	Activités	Importance % ⁽¹⁾	Communautés
Gestion des aménagements	régulation des usages		villageois autochtones
Vocation des aménagements	pastoralisme	97 %	pasteurs allogènes
Mesures d'incitation/compensation	pêche	93 % ⁽²⁾	pêcheurs allogènes
Utilisations domestiques	bains, lessive, vaisselle, etc.	85 %	tous
Réappropriation des aménagements	cultures maraîchères	49 %	villageois autochtones

Tabl. II - Contexte multi-acteurs, multi-usages des petits barrages : diagnostic porté en 1996-1997 sur 218 réservoirs.

(1) Pourcentage de lacs où l'activité a été observée.

(2) Sauf pour la pêche pour laquelle un sous-échantillon de 49 sites a été considéré.

(Source : enquêtes Petits Barrages)

riveraines par la Sodepra, qui mit en place, dès la création des barrages, des comités constitués théoriquement des jeunes ayant constitué la main-d'œuvre active lors de l'édification du barrage et des paysans dont les terres avaient été noyées par la mise en eau des réservoirs. Plusieurs modes de gestion des barrages Sodepra – aux performances très contrastées – sont actuellement observés, qui révèlent *in fine* un ensemble diversifié de situations d'appropriations des aménagements, depuis l'absence totale d'encadrement par abandon ou à l'inverse pléthore de responsables (« libre accès »), jusqu'à une capitalisation monopolistique par un individu ou un collectif restreint (« propriété privée »).

L'ambiguïté de la situation demeure aujourd'hui : les petits barrages sont-ils un bien collectif ? Leur appropriation exclusive est-elle acceptable ? Finalement, les riverains en sont-ils les propriétaires ? Ou bien l'État ?

En tout état de cause, jamais les bénéficiaires explicites – les pasteurs – n'ont été partie prenante de ces comités : « Il est clair que [l'opération] concernait bien davantage les troupeaux... que ceux qui les possèdent ou les gardent » (ARDITI, 1990).

Un grand nombre de barrages a été empoissonné, bien que la pêche n'ait jamais été considérée comme une priorité, mais plutôt comme une double opportunité : (1) l'exploitation halieutique pouvait fournir un apport protéique aux populations riveraines ; (2) les pêcheurs à qui fut confiée l'exploitation devaient payer directement aux comités un droit de pêche, destiné à compenser la perte des terres agricoles et à stimuler leur activité (SODEPRA, 1985). En l'occurrence, les comités de pêche ont été substitués aux Eaux et Forêts, à qui partout ailleurs sur le territoire ivoirien la perception des taxes d'exploitation est dévolue. Le recouvrement de cette recette fiscale, au travers d'un procédé de gestion remis « clé en main » aux comités par une structure d'État, la Sodepra, se traduit par une instrumentalisation de ces structures villageoises, dont la légitimité est alors doublement contestée.

Cette mesure de compensation est concrètement assimilable à une rente, de valeur certes variable dans l'espace et dans le temps, mais dont la régularité a fortement contribué à aiguïser les appétits autour de son appropriation. Très concrètement, dans de nombreux cas, aux comités initialement mis en place sous l'égide de la Sodepra se sont substitués des comités restructurés et fortement noyautés par les autorités traditionnelles des villages et (ou) leurs parentèles, décidées à s'accaparer cette ressource induite. À titre indicatif, elle s'est élevée à environ 550 000 F CFA en 1998 pour le village de Korokara (COULIBALY, 2003).

Pour les pêcheurs, la taxation de l'activité halieutique paraît être un frein véritable à l'intensification de l'activité : elle contribue à entretenir un « marché de dupes » (KOFFI, 1992) qui amène pêcheurs comme comités à adopter une stratégie « pionnière » de satisfaction à court terme des objectifs d'exploitation. L'activité halieutique demeure souvent saisonnière, tant en raison d'une moindre capturabilité des poissons à la faveur des hautes eaux, que du retour annuel de nombre de pêcheurs vers leurs villages d'origine pour la saison des cultures. Peu nombreux sont en effet ceux qui disposent d'un accès à la terre suffisant pour subvenir aux besoins en vivriers d'une famille. Mais l'itinérance est aussi une stratégie d'évitement, largement répandue chez les pêcheurs qui opèrent sur les petits barrages, pour l'exploitation d'opportunités temporairement plus attirantes « ailleurs », qu'il s'agisse simplement de changer de site d'activité (meilleure productivité, moindre taxation, etc.) ou momentanément d'en pratiquer une autre.

La perception de taxes prélevées sur les pêcheurs par des communautés locales en raison d'une revendication territoriale est une justification courante, relevée par de nombreux auteurs (WEIGEL, 1991). Cette maîtrise territoriale a toutefois une fonction ambiguë vis-à-vis de l'aménagement des pêcheries : elle peut certes permettre un contrôle de l'accès, mais aussi, comme c'est le cas ici, permettre l'obtention d'une rente.

L'intensification de l'activité pour accroître les recettes ne paraît pas pertinente pour les pêcheurs dans un tel contexte (KOFFI, 1992). À l'inverse, pour les comités, intervenir sur la productivité halieutique des barrages ne se justifie pas puisque, pour eux, l'exploitation étant réalisée par d'autres, les bénéfices immédiats de l'amélioration de l'exploitation ne leur profiteraient pas.

Lorsque le contrôle territorial apparaît au premier plan et a comme simple conséquence la multiplication de taxes (plus ou moins coutumières ou admises comme telles), on peut parler de « stratégie fortuite d'aménagement », pour reprendre le terme de SCUDDER et CONELLY (1985), mais

non d'une gestion cohérente d'un système halieutique, la recherche d'une accumulation rapide et immédiate légitimée par la maîtrise territoriale pouvant dans certains cas favoriser la surexploitation.

La dérive des attributions des comités de gestion s'est accompagnée fréquemment d'une remise en cause de leur légitimité, tandis que s'exacerbaient les tensions relatives à l'appropriation des ressources accaparées par la taxation de l'activité halieutique : le dédommagement est devenu recette, le pêcheur un simple « facteur de production » et l'activité halieutique, une rente d'opportunité.

Pourtant, les profits dégagés par la filière à l'échelle régionale sont comparables à ceux que produirait un grand lac (Tito de Morais *et al.*, ce volume), tout en étant largement distribués au sein de cet espace régional en raison de la dispersion des retenues. Il en va de même pour les produits halieutiques qui sont le plus souvent commercialisés et consommés localement. La filière est certes diffuse, mais elle existe. La signification de son impact nutritionnel n'a jamais été évaluée.

Les conditions de son amélioration passeraient en tout premier lieu et *a minima* par une complète redéfinition des modalités et des conditions de l'activité halieutique, mais aussi des « droits et devoirs » de l'ensemble des opérateurs concernés.

Les petits barrages : des milieux productifs

Tant en raison de leurs faibles profondeurs, qui facilitent les recharges en sels nutritifs à partir des horizons sédimentaires, que de leur intense fréquentation par les troupeaux et des apports organiques associés aux déjections, les petits barrages apparaissent dans leur grande majorité comme des milieux eutrophes, voire à tendance hyper-eutrophe (Arfi *et al.*, ce volume). Les mécanismes de la production primaire font intervenir différents compartiments végétaux (planctonique, macrophytique et benthique) en permanente interaction, qui tous contribuent à la richesse nutritive de ces milieux (Thomas *et al.*, ce volume). Les réseaux trophiques pélagiques qui se mettent en place reposent aussi pour partie sur le recyclage bactérien des métabolites organiques produits par le phytoplancton (Bouvy *et al.*, ce volume).

Cet ensemble contribue, malgré d'apparentes périodes de limitation (turbidité excessive, carence en sels nutritifs) à faire de ces écosystèmes artificiels des milieux productifs, valorisables par transfert et accumulation

de la matière produite au sein de maillons trophiques exploitables, en premier lieu les poissons, même si les rendements de ces transferts ne paraissent pas toujours optimaux (Aka *et al.*, ce volume).

Les intermédiaires trophiques, comme le zooplancton, sont caractérisés par de fortes abondances. Leurs fluctuations de densité et de biomasse paraissent liées tant au facteur de concentration des communautés (restriction saisonnière des habitats disponibles à la faveur du confinement des retenues sous l'effet de l'évaporation ou d'usages divers) qu'à leur consommation par différents types de prédateurs. Les très importantes biomasses d'invertébrés (insectes) du genre *Chaoborus*, dont la larve zooplanctonophage est aquatique, peuvent ainsi contribuer à limiter significativement le développement des peuplements de zooplancton, et de la sorte influencer par cascade sur le métabolisme de l'ensemble de l'écosystème (Aka, 2003). Le transfert trophique qui s'opère alors se traduit par une exportation de biomasse (perte nette) hors des milieux aquatiques lors de l'émergence et de l'envol des imagos.

La structuration des peuplements de poissons peut également contraindre l'organisation et la dynamique des communautés de zooplancton, comme lors de l'introduction de prédateurs efficaces et abondants (*Lates niloticus* à Tiné par exemple, Kouassi *et al.*, ce volume).

Ces relations trophiques révèlent en tout état de cause que des ressources transférables sont présentes, sous réserve qu'elles trouvent des consommateurs. À défaut, ces biomasses mal transférées s'accumulent au fond des lacs où elles se dégradent. D'importantes biomasses végétales pourraient ainsi être exploitées si des organismes spécialisés des niveaux trophiques supérieurs y avaient accès. La composition des peuplements de poissons des petits barrages révèle de fait l'existence de niches trophiques vacantes (Da Costa et Tito de Morais, ce volume), que l'introduction de poissons (benthophages en l'occurrence, comme les *Labeo* sp.) permettrait d'occuper. L'exploitation de ces biomasses serait ainsi favorisée, comme des biomanipulations réalisées dans le sud-ouest du Burkina Faso l'ont montré (BAIJOT *et al.*, 1994), mais avec le risque que cette introduction ne s'accompagne paradoxalement d'un accroissement de l'eutrophisation des écosystèmes (STARLING *et al.*, 2002).

La vacance d'une niche trophique ne constitue cependant pas une condition suffisante pour la réussite durable d'une telle introduction. En marge des pressions exercées par les artisans pêcheurs, qui sont en mesure d'altérer l'état des stocks exploités, d'importantes questions se posent en relation avec les capacités spontanées de renouvellement des peuplements de poissons au sein des petits barrages. Le tilapia

Oreochromis niloticus, absent de la faune locale, a ainsi fait l'objet d'introductions plus ou moins massives et répétées dans un très grand nombre de réservoirs.

Réputé pour son adaptabilité et ses performances de reproduction, ce tilapia n'a pourtant pas apporté partout la preuve de son efficacité colonisatrice. Des compétitions trophiques, et peut-être plus encore des compétitions pour l'habitat (protection des nids au moment de la reproduction) avec les autres cichlidés indigènes (*Tilapia zillii* et *Sarotherodon galileus*), ainsi que la prédation exercée sur les juvéniles de *O. niloticus* par d'autres cichlidés (*Hemichromis* sp.), voire d'autres ichtyophages (Siluriformes), sont évoquées pour justifier ces fortunes inégales (DUPONCHELLE, 1997).

Des communautés sous contrainte

Sous réserve d'introductions volontaires opérées par les pêcheurs eux-mêmes ou les structures d'encadrement, la structuration des communautés de poissons dans les petits barrages est contrôlée d'abord par des effets de fondation et les pressions de colonisation, elles-mêmes tributaires de la position des sites sur le réseau hydrographique et de leur connectivité avec le reste du réseau lors des crues. Les importantes fluctuations environnementales imposées annuellement par les rythmes hydrologiques (de la crue au tarissement) sélectionnent ensuite les peuplements en présence, tant au travers des contraintes d'habitat qui en découlent que des interactions diverses qui se mettent en place au sein des communautés (compétitions trophiques, prédation, etc.).

En tout état de cause, sous réserve de perturbations environnementales extrêmes, la reproductibilité interannuelle de ces contraintes diverses se traduit par une relative résilience des peuplements (Da Costa, 2003 ; Da Costa et Tito de Morais, ce volume), en particulier de leur fraction exploitable.

Les ruptures hydrologiques (excès comme déficit en eau) sont les perturbations environnementales les plus visibles : elles auront logiquement – du fait du confinement des écosystèmes – un impact majeur sur toutes les communautés en présence.

La récurrence de périodes sèches peut par exemple provoquer la disparition des ceintures végétales qui bordent la plupart des sites et induire des changements à l'échelle de l'écosystème tout entier à la faveur de la stimulation des peuplements phytoplanctoniques (THOMAS, 2000).

À ce changement du fonctionnement de l'écosystème lacustre peut encore être associée, sans lien direct, la modification de la structure des peuplements de poissons, avec la disparition de certains taxons, comme par exemple *Heterotis niloticus*, espèce introduite absente de la faune locale et dont le renouvellement des populations est inféodé à la présence de ces ceintures végétales (construction des nids au moment de la reproduction).

Chaque retenue peut être considérée comme une île au sens biogéographique du terme. Hormis pendant les périodes d'écoulement qui rétablissent les connexions longitudinales du réseau hydrographique, et permettent éventuellement les échanges entre systèmes, chaque retenue s'apparente à un système fermé où les processus de structuration des peuplements se succéderont et interagiront.

Pour les peuplements planctoniques, peu différenciés en terme d'hétérogénéité spatiale inter-sites du fait principalement des énormes capacités de dispersion de ces organismes, la diversité se réalise à un instant donné sur la base d'un fonds de peuplement régional, commun à tous les systèmes, mais contraint localement (REYNOLDS et ELLIOTT, 2002). On échantillonnera par exemple plus d'espèces de zooplancton en répétant plusieurs fois dans l'année les prospections sur un petit nombre de sites qu'en en prospectant un grand nombre mais à l'occasion d'un passage unique.

Les facteurs structurants qui contrôlent localement le déterminisme de la diversité sont nombreux et complexes. Les petits barrages sont indubitablement des milieux contraignants pour les communautés qui s'y développent, en premier lieu pour des raisons hydrologiques et leurs conséquences en terme d'habitats.

Il en découle, d'une part, que l'étude des communautés animales et végétales en présence au sein de ce type d'écosystèmes, par exemple à des fins typologiques, se satisfait difficilement d'observations instantanées ; d'autre part, que la gestion de ces communautés ou le contrôle de leur impact ne pourront être raisonnés à l'échelle individuelle des écosystèmes considérés séparément les uns des autres. Ainsi, les populations de mollusques hôtes intermédiaires de bilharzioses révèlent fréquemment des processus d'extinction, suivis de recolonisation des écosystèmes. Différentes espèces se succèdent au sein d'un même milieu ou se juxtaposent dans des écosystèmes voisins, tandis que leur résilience repose sur un fonctionnement en métapopulations. Les conséquences concrètes de l'adaptabilité spatio-temporelle de ces mollusques se traduisent par (1) le caractère improbable de stratégies de lutte qui ne reposeraient que

sur l'élimination des mollusques par l'emploi de molluscicides (Cecchi *et al.*, ce volume), et (2) par l'organisation du foyer régional de schistosomiase en une juxtaposition de micro-foyers locaux, associés tant aux retenues qu'aux autres milieux favorables à la prolifération des mollusques, au sein desquels et entre lesquels se mettent en place les flux parasitaires.

En dépit de leur dispersion et de leur isolement relatif hors des périodes d'écoulement (crues), il apparaît que les connexions entre écosystèmes sont importantes, qu'elles soient isotropes, comme dans le cas de la dispersion des organismes planctoniques, longitudinales, comme dans le cas des poissons et macrophytes, ou focalisées quand elles résultent d'interventions directes de l'homme (introductions d'espèces allogènes ; flux parasitaires).

Des écosystèmes menacés

L'intensification des usages des petits barrages, en particulier agricoles, dans le contexte plus global de l'anthropisation des bassins versants et des paysages sous l'effet d'une emprise foncière croissante (Gourdin *et al.*, ce volume) soulève d'autres questions. Alors que la culture commerciale dominante, le coton, repose sur un calendrier agricole tendu et exigeant en intrants (xénobiotiques notamment), le développement des cultures maraîchères s'appuie également sur une utilisation intensive de biocides divers. Dans les deux cas, l'impact sur les communautés aquatiques de l'utilisation croissante de produits phytosanitaires est à évaluer, en particulier dans le cas des pyréthrinoïdes intensément employés tant sur les versants qu'à la périphérie des réservoirs.

Les travaux préliminaires réalisés montrent explicitement que des traces importantes de ces insecticides sont accumulées dans les sédiments de certains petits barrages.

Le principe des tests effectués repose sur la mise en élevage de deux souches de moustiques de laboratoire, l'une résistante et l'autre sensible aux pyréthrinoïdes, dans différents milieux dont certains sont constitués à l'aide d'échantillons collectés *in situ*. Il s'agit alors d'évaluer les performances (survie et croissance) des populations mises en élevage, dans les différents milieux qui leur sont proposés. Cette approche permet de tester indirectement la présence – ou non – de traces d'insecticides dans les échantillons (tabl. III).

Tandis que les taux de survie de la souche résistante sont élevés et comparables quel que soit le traitement, on observe en revanche de très significatives différences selon les traitements avec la souche sensible :

Souches	Survies	Sédiment + eau du lac	Sédiment + eau du lac	Sédiment + eau distillée	Eau distillée seule	Eau de puits (aval digue)
Résistante	Larves	94,1	87,5	96,2	95,9	93,2
	Adultes	84,7	70,8	85	89,7	86,4
	<i>effectifs</i>	<i>85</i>	<i>72</i>	<i>80</i>	<i>97</i>	<i>88</i>
Sensible	Larves	92,7	81,6	93,3	93,5	92,2
	Adultes	27,3	27,5	45,2	62,0	62,6
	<i>effectifs</i>	<i>110</i>	<i>98</i>	<i>104</i>	<i>108</i>	<i>115</i>

Tabl. III - Évaluation indirecte de la présence de pyréthrinoides dans les sédiments du petit barrage de Korokara Termitière.

Dans chacun des traitements, des œufs sont placés en effectif connu dans des coupelles d'incubation remplies d'eaux de qualités différentes.

Le traitement « eau distillée seule » correspond au témoin.

L'eau de puits, prélevée à l'aval immédiat de la digue, correspond à l'eau de la nappe phréatique.

Les sédiments et l'eau du lac ont été prélevés à l'amont de la retenue.

Les échantillonnages ont été réalisés en cœur de saison sèche (en mars 2000).

La souche résistante aux pyréthrinoides ne doit pas révéler de différence en terme de survie selon les traitements, qu'ils soient pollués ou non.

Les déficits de taux de survie observés pour la souche sensible sont alors interprétés en terme d'impact des pyréthrinoides sur les populations mises en élevage.

Travaux réalisés avec la collaboration de Patrice Chandre ; données non publiées.

– moins de 28 % de survie des adultes quand les œufs sont mis en élevage dans un mélange « eau du lac + sédiment » ;

– moins de 50 % quand seul le sédiment du lac est considéré.

Les résultats obtenus n'ont pas toute la robustesse espérée, du fait des faibles taux de survie (62 %) observés pour la souche témoin placée dans l'eau distillée. Toutefois, et pour préliminaires qu'ils soient, les résultats obtenus sont très préoccupants. Ils interpellent tant en raison des potentialités de stimulation de la résistance des souches naturelles de moustique aux insecticides, comme cela a démontré par ailleurs (ELISSA *et al.*, 1993), qu'en raison de l'impact de ces insecticides sur la microfaune aquatique, et éventuellement de ses conséquences sur les réseaux trophiques qui s'y développent. Les travaux restent à conduire.

À l'heure du bilan

La présence des petits barrages est, en elle-même, un bénéfice toujours reconnu, du fait des multiples activités artisanales, domestiques ou récréatives dont ils sont l'objet. Usages et contacts divers favorisent

cependant l'émergence de risques sanitaires classiquement attendus, comme les bilharzioses, mais inégalement partagés par les populations riveraines (Cecchi, ce volume).

Les bénéfices existent (*ils sont visibles*) et peuvent être quantifiés. Les risques existent également (*parfois moins visibles ou lisibles*) et ils peuvent de même être identifiés.

L'évaluation globale de l'impact associé aux aménagements peut-elle cependant ne reposer que sur cette simple juxtaposition ?

La grande diversité des aspects du développement rural impliqués dans les questions posées par l'édification et l'usage de ce type d'aménagement est reconnue de longue date (LASSAILLY-JACOB, 1984), mais sans qu'à ce jour des réponses précises autres que techniques n'aient été le plus souvent apportées (voir par ex. CFBG-AFEID, 1994).

*Évaluation des bénéfices et des risques...
Bénéfices pour qui ? Risques pour qui ?*

Les recompositions démographiques et les dynamiques d'occupation de l'espace ont depuis une vingtaine d'années profondément fait évoluer les potentialités associées aux bas-fonds, qu'ils soient aménagés ou non. Dans le même temps, avec l'affaiblissement des opportunités économiques, s'est progressivement développée une logique de *patrimonialisation* des



**Petit barrage
de Nambengué :
piétinement et empreintes
laissées par le bétail.
Ces traces de pas constituent
des micro-gîtes largement
exploités par les moustiques
pour y pondre leurs œufs.**

ressources naturelles (CORMIER-SALEM *et al.*, 2002), génératrice de conflits pour leur exploitation, notamment entre populations allochtones et autochtones. Les aménagements hydro-agricoles, qui modifient tant la valeur économique que symbolique des espaces et cristallisent toujours les concurrences locales entre stratégies d'appropriation foncière (LAVIGNE DELVILLE et BOUCHER, 1996), sont aujourd'hui au centre d'enjeux de pouvoirs renforcés par les ressources qu'ils contribuent à générer.

Dans le cas des petits barrages, les artisans de l'activité pastorale entrent aujourd'hui en compétition avec les populations riveraines impliquées dans les cultures maraîchères qui, tout en ne revendiquant pas la propriété même de l'aménagement, réaffirment en revanche leurs droits de régulation des accès aux plans d'eau, parfois en l'interdisant. L'appropriation des ressources directes ou induites par les aménagements se révèle de plus génératrice de perturbations sociales au sein même des communautés paysannes autochtones, entre aînés et cadets d'une part, entre hommes et femmes, d'autre part.

Les divergences de représentations et surtout d'intérêts, sources d'incompréhensions et de tensions, correspondent à un schéma répandu d'interactions entre acteurs, qui réclamerait la mise en place par l'action publique de véritables mécanismes de négociations.

Encore faudrait-il que les préoccupations et contraintes spécifiques des différents groupes soient, au moins implicitement, reconnues et prises en compte. En d'autres termes, que la lisibilité sociale *de tous* soit reconnue et acceptée *par tous* (BONTOULOGOU *et al.*, 2000).

Les risques sanitaires classiquement évoqués lors de l'évaluation des impacts des hydro-aménagements ne sont pas absents des petits barrages. Les études réalisées ont montré que les populations à risques – les plus contaminées mais encore les plus contaminantes – sont identifiables. Pour aisée cependant que soit *a priori* leur identification, ces populations exposées au risque, et porteuses elles-mêmes d'un risque véritable à l'échelle communautaire du fait de leur potentiel contaminant, ne seront pas nécessairement celles qui bénéficieront en priorité des campagnes d'information, de prévention ou de lutte. L'organisation souvent verticale de la prise en charge des maladies parasitaires tend ainsi à marginaliser voire à exclure les franges de populations qui sortent du cadre fixé par la structure de prise en charge (enfants non scolarisés, étrangers, etc.). L'aménagement n'apparaît alors que comme un déterminant parmi d'autres des faits de santé et son impact réel n'est alors pas pris en compte.

L'évaluation objective des bénéfices et des risques requiert des termes de références précisés, à une échelle elle aussi précisée, cette seconde n'étant pas une donnée absolue :

- les questionnements hydrologiques ou écologiques adopteront par exemple les bassins versants et cascades de sous-bassins comme unités de perception ;
- les questions de santé seront souvent perçues selon une logique verticale centrée sur la pathologie considérée, sans nécessairement prendre en compte la spécificité des aménagements hydro-agricoles ;
- l'analyse des retombées économiques se fera le plus souvent par filière et selon des échelles emboîtées spécifiques.

Pour autant, les hydro-aménagements en général, les petits barrages ici, apparaissent toujours comme un élément parmi d'autres, une modalité parmi d'autres, et ne bénéficient que rarement d'une attention spécifique.

Par ailleurs, à défaut d'objectifs précis – explicites – faisant l'objet d'un cadre juridique, administratif, voire institutionnel, transparent, à défaut de stratégies agro-économiques elles aussi explicites, on ne pourra dépasser le stade de la simple juxtaposition des faits, comme on l'a relaté ici.

Transcender les logiques sectorielles, identifier si possible de façon exhaustive les multiples potentialités positives comme négatives qui sont associées aux petits barrages, reconnaître les populations et communautés qui partagent les bénéfices et les risques, organiser la gestion des aménagements en référence aux objectifs et en tenant compte des situations que la mise en valeur des aménagements génère permettrait tant une évaluation efficace des situations actuelles qu'un encadrement constructif des opportunités futures.

Le maillage de l'espace nord-ivoirien par ce réseau d'infrastructures répondait il y a vingt ans à une préoccupation qui n'est plus d'actualité. Aujourd'hui, l'appropriation souvent effective des aménagements par d'autres catégories d'acteurs a fait considérablement évoluer le champ des potentialités qui leur sont associées. L'innovation n'est pas qu'agricole ou technique : la monétarisation de toutes les activités artisanales qui se sont développées autour des aménagements génère une situation socio-économique elle aussi innovante. D'autres risques émergent, tensions sociales et altération des écosystèmes étant parmi les plus préoccupants. Mais à défaut d'une prise en charge politique de la situation, la confusion plurisectorielle persistera, l'évaluation restera partielle et partielle, et l'on peut redouter que la distribution des bénéfices n'autorise que mal leur utilisation (au moins partielle) pour mieux gérer ces risques, si possible en les minimisant.

*Les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire :
un observatoire des pratiques actuelles
et un laboratoire des usages de demain ?*

C'est peut-être à ce titre que l'ensemble des présentations réunies dans ce volume prend corps, comme modèle des dynamiques en cours (qu'elles soient écologiques, sanitaires ou sociales), mais aussi comme expérience en temps réel des processus d'accoutumance des hommes aux aménagements créés pour eux. Patrimonialisation et durabilité en découlent. Les leçons à tirer laissent ainsi deviner les difficultés de gestion en perspective et informent sur les précautions méthodologiques et institutionnelles à envisager pour que les petits barrages, et l'exploitation raisonnée de leurs ressources diverses, entrent effectivement dans un schéma de développement durable.



**Le Bandama Blanc au pont de Longo,
sur l'axe Korhogo-Niakaramandougou.
Plus de 200 réservoirs de tailles variées
sont implantés sur le bassin du Bandama
en amont de ce pont.
En aval, ce sont les barrages hydroélectriques
de Kossou et Taabo qui bloquent
les écoulements du fleuve.**

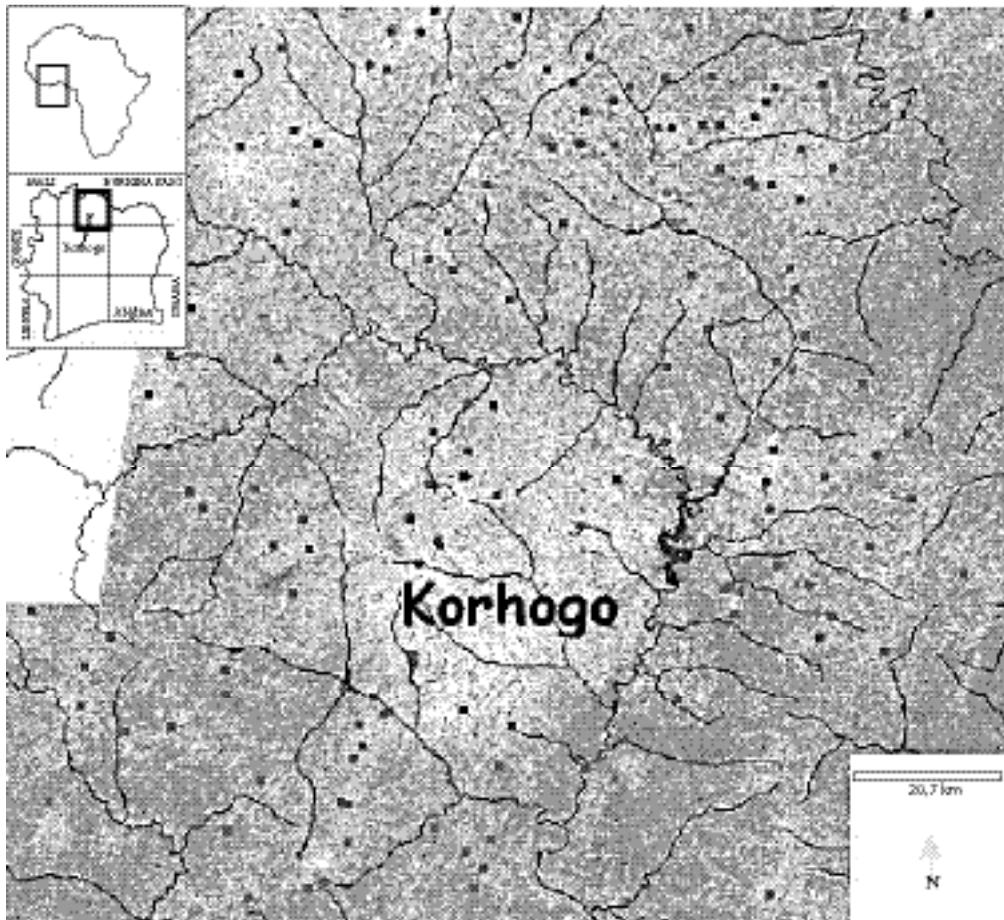


FIG. 1 - Les petits barrages centrés sur la ville de Korhogo dessinent une géographie structurée par les affluents du haut cours du Bandama, et, à l'extrême nord, de la Comoé.

Une seconde perception, peu lisible il est vrai au fil des textes, peut aussi être encouragée : considérer l'expérience ivoirienne comme l'évocation d'une expérience *d'aménagement du territoire*, où un espace régional a été volontairement maillé d'un *réseau de petites retenues*. D'emblée, c'est un ensemble spécifique de réservoirs (les barrages à vocation pastorale de la Sodepra), étudiés dans la région où ils sont en plus grand nombre (partie centrale du nord de la Côte d'Ivoire) qui avait été ciblé comme objet d'étude. Au-delà des découpages administratifs (départements de Korhogo et de Ferkéssédougou), la région et les réservoirs concernés révèlent une autre « unité » – les affluents du haut Bandama et de la Comoé (> 200 réservoirs ; de l'ordre de 15 000 km², environ 700 000 habitants) – centrée sur la ville de Korhogo (fig. 1).

Toutes les études réalisées sous l'égide du programme, et ce quelle que soit leur thématique, se sont arrêtées sur le rôle fondamental que joue la structure de ce réseau : échanges, connexion, interactions entre les masses d'eau elles-mêmes, par le truchement de leurs exploitants, en raison de la multiplicité de leurs usages et de leurs usagers, etc. D'un point de vue fonctionnel, cette situation est toutefois restée le plus souvent « contextuelle », alors qu'elle est probablement, à l'inverse, plus structurante que conjoncturelle.

Par ailleurs, positionnée aux confins du pays, la région étudiée fait maintenant écho à d'autres ensembles de réservoirs également structurés en réseau mais implantés dans les pays riverains : plusieurs dizaines de réservoirs récemment édifiés dans la région de Sikasso, au Mali, tout autant, sinon plus, dans la région de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. Si ce changement d'échelle réhabilite l'unité tant géographique qu'historique des vallées soudaniennes, il met également en exergue l'existence de pôles de production, situés de part et d'autre des frontières, dont le fonctionnement repose sur l'agrégation d'ensembles d'unités (les réservoirs) juxtaposés dans cet espace.

À l'échelle régionale (*un* ensemble de réservoirs) comme à l'échelle interrégionale (*des* ensembles de réservoirs), la densification des réseaux d'infrastructures doit aussi être envisagée comme une expérience cognitive : la densité des aménagements hydro-agricoles constitue en soi une variable à prendre en compte pour comprendre les modalités de leur exploitation, voire influencer sur ces modalités. Cela fut révélé par exemple par la FAO qui, s'intéressant à l'identification de régions favorables au développement de la pisciculture en étangs (MEADEN et KAPETSKY, 1991), s'est aperçue que la densité des exploitations déjà présentes était un facteur de facilitation pour l'installation (et la réussite) de nouvelles unités de production.

Les aménagements sont là et représentent désormais un élément de structuration des espaces et des activités. Les populations les exploitent ; elles apprennent ; l'information circule et les situations évoluent. Multiples sont les causes, sinon d'échec, du moins de « moindre réussite », mais les notions de circulation, d'interaction à différentes échelles – localement entre les hommes et les milieux artificiels, entre les petits barrages et leurs usagers, entre acteurs, activités régionales et structures politiques et économiques englobantes – sont certainement fondamentales.

Dans un contexte globalement agricole, où l'eau est ressource, un aménagement comme un petit barrage est particulièrement visible. Cet aspect ostentatoire n'est du reste pas étranger à l'instrumentalisation des petits

barrages comme « outils de pouvoir ». Si d'intenses activités s'y sont développées, parce que le temps a passé, parce que les manguiers ont poussé, parce que les camions venus chercher les mangues sont garés là, que d'autres, venus peut-être du Niger, du Ghana ou d'ailleurs, sont régulièrement présents pour charger tomates et oignons, alors, autant que les barrages, leurs produits sont « visibles ».

Les populations du nord de la Côte d'Ivoire, en tout cas avant que le récent conflit ne divise le pays, avaient dans leur grande majorité parfaitement intégré l'opportunité que les réservoirs représentent. Rien de surprenant, finalement ! De l'eau, des ressources. Plus de travail, mais des bénéfices. Des tensions sociales, certes, mais aussi de l'émancipation, de la négociation, des remises en question... En un mot, de l'évolution. Oui, catégoriquement, les petits barrages sont un vecteur de changement social et de mutation des réalités rurales.

À ce titre, l'expérience ivoirienne relatée dans les textes réunis ici ne peut être découplée des dynamiques en marche à l'heure actuelle. Aux réponses apportées par l'étude de cas de ces réservoirs font écho de nombreux questionnements qui transcendent largement la spécificité ivoirienne. La densification des réseaux de réservoirs est en effet aujourd'hui au cœur d'un ensemble de projets d'études, soutenus notamment dans le cadre du *Challenge Program on Water and Food*. « Produire plus de vivrier, de bien-être, de sécurité alimentaire en consommant moins d'eau, au travers de procédés respectueux de l'environnement et par la mise en œuvre de techniques saines et durables », ce que Koffi Annan résumait le 14 mai 2002 par la formule « *More crop per drop* ». Les petits barrages apparaissent assurément comme des aménagements innovants, porteurs de bénéfices avérés et reconnus par les populations, générateurs de biens et de services, eux aussi reconnus, et appréciés, en dépit de risques eux aussi reconnus et avérés.

Aujourd'hui, qui veut édifier un nouveau barrage dans le nord de la Côte d'Ivoire ne peut ignorer l'existence des réservoirs déjà existants. Toute implantation nouvelle devrait ainsi être raisonnée non plus seulement à l'échelle de l'individu-réservoir, mais aussi à celle du réseau de réservoirs déjà existant et de ses « propriétés émergentes » (tabl. IV). Aux bénéfices escomptés, tant à l'échelle locale de chacun des réservoirs qu'à l'échelle régionale de leur mise en réseau, font écho des risques dont les impacts se manifestent à ces deux mêmes échelles. Si la rationalisation de l'exploitation des retenues est avant tout un fait local (*là où les gens travaillent*), son encadrement, la définition de ses modalités, les outils de sa régulation devraient eux prendre racine dans une perspective plus large à la fois

**Usages domestiques
près du barrage de Sambakaha :
remplissage d'une barrique
pour l'abreuvement du bétail de case.
Pour de nombreux riverains,
la vertu première d'un petit barrage
est l'influence qu'il exerce
sur la nappe phréatique
avec laquelle il est en connexion :
en la maintenant accessible
à de faibles profondeurs
durant la saison sèche,
la corvée d'eau en est d'autant
facilitée.**



spatialement (*le réseau*) et temporellement (*l'horizon de la prospective*). Le réseau régional de petits barrages fonctionne alors lui-même comme un système ouvert sur des espaces et des temporalités englobantes : politiques nationales d'aménagement, échanges internationaux, discours et modèles de développement, etc.

Il n'est ainsi pas surprenant de retrouver l'aménagement du territoire au cœur des préoccupations du *Challenge Program on Water and Food*. Peut-être convient-il toutefois d'en rappeler la vocation ultime : « l'aménagement du territoire est au service d'une stratégie de développement précise » (CHÉREQUE, 2000).

Pour mener à bien le rôle qui lui est dévolu, l'aménagement du territoire doit s'appuyer sur des moyens d'action efficaces, et, en premier lieu, la prospective. Celle-ci permet de produire des visions, de pointer des enjeux, d'identifier des risques. Elle peut aussi aider à mettre en débat des options de développement, à raisonner des choix, à envisager des alternatives (ALVERGNE, 2002).

Hors de tout accompagnement, ces choix sont le fait quotidien des populations riveraines et utilisatrices des petits barrages. Ils se concrétisent par des prises de position et des interventions qui, en se substituant localement à l'action publique, peuvent diminuer la valeur globale attendue des aménagements, tout en ne garantissant pas, par défaut de

Tabl. IV - Synthèse des principaux impacts positifs et négatifs associés aux petits barrages, à l'échelle locale des « individus-réservoirs » et à l'échelle régionale du réseau créé par cet « ensemble de réservoirs ».

P R I N C I P A U X I M P A C T S P O S I T I F S	P R I N C I P A U X I M P A C T S N É G A T I F S
À L'ÉCHELLE LOCALE DES « INDIVIDUS RÉSERVOIRS »	
Implantation	
demande des populations riveraines	ennoiemment de terres cultivables
approches participatives	manque d'entretien, dégradation et risques de rupture
Usages domestiques	
accès à l'eau sécurisé	population cible en terme de bilharzioses
aires récréatives	autres maladies hydriques (diarrhées)
Pêche	
exploitation de ressources locales	surexploitation et éventuels déséquilibres écologiques associés
contrôle de l'accès à la ressource	précarité des exploitants pêcheurs
rente payée directement par les pêcheurs	inéquité de la redistribution à l'échelle villageoise
protéines à l'échelle villageoise	population cible en terme de bilharzioses
Pastoralisme	
fertilisation organique	surpâturage et érosion
lait à l'échelle villageoise	enrichissements organiques excessifs et risques d'eutrophisation
traction animale	conflits agriculteurs pasteurs (accès à l'eau ; dégâts de cultures)
Cultures irriguées	
diversification des activités	conflits liés à l'accès à l'eau (troupeaux)
productions vivrières à l'échelle villageoise	xénobiotiques, engrais et pollutions des écosystèmes aquatiques
entrée monétaire	régime foncier et exclusion à l'intérieur des communautés
émancipation des « cadets sociaux »	réticences sociales ; population cible en terme de bilharzioses
À L'ÉCHELLE RÉGIONALE D'UN « ENSEMBLE DE RÉSERVOIRS »	
Implantations	
approche raisonnée : Gestion intégrée des ressources en eau	nécessité d'adaptation des appareils de décision pour faciliter l'insertion institutionnelle de cette approche
approche raisonnée : Aménagement du territoire	nécessité de reconnaissance du rôle et de l'impact de ces « outils d'aménagement du territoire »
Diversification des activités	
production de protéines et de monétaire	accès sélectif à l'intérieur des communautés et entre elles
stimulation des relations campagnes-villes	impact mal connu en terme d'amélioration des conditions de vie et de lutte contre la pauvreté
nouvelles interactions régionales (productions comme producteurs)	mauvais contrôle voire inéquité des échanges
spécialisations régionales	insécurité des filières ; vulnérabilité en situation de crise (climatique, politique ou autre)
Densification des réservoirs	
augmentation des capacités de stockage de l'eau	impact en terme de régime hydrologique (écoulements, eaux souterraines) voire de climats locaux
amélioration de la productivité de l'eau	aggravation des impacts en cas de rupture (réservoirs en cascade)
augmentation des surfaces en eau	coût de l'évaporation en regard des bénéfices escomptés
émergence de nouveaux <i>hot spots</i> économiques	dispersion et éventuelle intensification des risques associés aux petits barrages
attractivité	conflits d'usages et d'intérêts ; exclusions

cadre institutionnel, tant la pérennité des activités actuelles que celle des aménagements eux-mêmes. Il ne nous appartient pas de commenter les orientations de cette action publique, dans le contexte de la grave crise que traverse actuellement la Côte d'Ivoire. Notre propos s'arrêtera à l'outil que la somme des textes réunis ici peut représenter. Cet ensemble de contributions vise ainsi à fournir, sinon un référentiel qui serait exhaustif et définitif, au moins un cadre d'analyse et de réflexion qui se veut précis et argumenté.

C'est le produit d'une *recherche pluridisciplinaire* qui est livré ici : puisse-t-il contribuer à une meilleure perception des réalités et enjeux associés aux petits barrages dans les savanes soudaniennes du nord de la Côte d'Ivoire et, peut-être aussi, des pays riverains.

Philippe CECCHI

R é f é r e n c e s

AKA M., 2003 – *Zooplankton des petits lacs de barrage du Nord et du centre de la Côte d'Ivoire : communautés, biomasses, relations trophiques et impact de la prédation par les larves de Chaoborus et des poissons*. Thèse de doctorat, université de Cocody, 268 p + annexes.

ALVERGNE C., 2002 – Pour une renaissance des politiques d'aménagement du territoire en Afrique de l'Ouest. *Territoire 2020*, 6 : 97-110.

ANCEY V., 1997 – Les Peuls transhumants du Nord de la Côte d'Ivoire entre l'État et les paysans : la mobilité en réponse aux crises. In CONTAMIN B. et MEMEL-FOTE H. (éd.) : *Le modèle ivoirien en question. Crises, ajustements, recompositions*, Paris, Karthala, IRD : 669-687.

ARDITI C., 1990 – Les Peul, les Senufo et les vétérinaires. *Cahiers de Sciences Humaines*, 26 : 137-53.

BAIOT E., MOREAU J., BOUDA S., 1994 – *Aspects hydrobiologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano-sahélienne*. CTA/CCE, Bruxelles, 250 p.

BASSETT T., 1994 – Hired Herders and Herds Management in Fulani Pastoralism (Northern Côte d'Ivoire). *Cahiers d'Études Africaines*, (133-135) : 147-173.

BONTOULOU GOU J., OULÉ J.-M., PÉLLISSIER J.-P., TALLET B., 2000 – La participation des acteurs, un exercice difficile. Leçons de l'expérience d'un plan de lutte contre la trypanosomiase animale africaine dans la vallée du Mouhoun (Burkina Faso). *Natures Sciences Sociétés*, 8 : 33-43.

CFGB-AFEID, 1994 – « Journées nationales d'étude des Petits-Barrages ». In : *Actes du Colloque de Bordeaux*, 2-3 février 1993, Paris, Comité français des Grands Barrages, 519 p.

CHÉREQUE J., 2000 – L'aménagement du territoire entre myopie et prospective. *Territoires 2020*, 2 : 19-20.

CORMIER-SALEM M.-C., JUHE-BEAULTON D., BOUTRAIS J., ROUSSEL B., (éd.), 2002 – *Patrimonialiser la nature tropicale. Dynamiques locales, enjeux internationaux*. Paris, IRD Éditions, Coll. Colloques et Séminaires, 467 p.

COULIBALY A., 1998 – *Gestion des ressources pastorales et des problèmes du Nord de la Côte-d'Ivoire. Régimes fonciers coutumiers en mutation et relations agriculteurs-éleveurs*. Mémoire de DEA de sociologie, université d'Orléans, 125 p.

- COULIBALY A., 2003 – *Socio-anthropologie des dynamiques foncières dans le Nord de la Côte d'Ivoire : droits, autorités et interventions publiques. Étude comparée des villages de Niofoin et de Korokara*. Thèse de doctorat, EHESS Marseille, 365 p.
- DA COSTA K.-S., 2003 – *Structure des peuplements, déterminisme de la diversité spécifique de l'ichtyofaune et pratique durable de la pêche dans quelques hydrosystèmes africains : cas des bassins Agnébi et Bia, et de 13 petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat, université d'Abobo-Adjamé, 339 p.
- DAVID O., MOUSTIER P., 1998 – « Lorsque le gros maigrît, le maigre meurt : l'organisation du commerce de l'oignon en Afrique de l'Ouest ». In EGG J., HERRERA J. (éd.) : *Échanges transfrontaliers et intégration régionale en Afrique subsaharienne*. Revue *Autrepart*, 6 : 105-122.
- DIALLO Y., 1995 – Les Peuls, les Sénoufo et l'État au Nord de la Côte d'Ivoire. Problèmes fonciers et gestion du pastoralisme. *Bulletin de l'APAD*, 10 : 35-45.
- DUPONCHELLE F., 1997 – *Reproduction du tilapia (Pisces, Cichlidae) Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) dans les retenues artificielles de Côte d'Ivoire : analyse comparative des modalités de reproduction et approche expérimentale de leur déterminisme*. Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, 135 p.
- ELISSA N., MOUCHET J., RIVIÈRE F., MEUNIER J.-Y., YAO K., 1993 – Resistance of *Anopheles gambiae* s.s. to pyrethroids in Côte d'Ivoire. *Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale*, 73 : 291-294.
- FROMAGEOT A., 1996 – *Étude de petits périmètres maraîchers dans un village du Nord de la Côte-d'Ivoire*. Mémoire de maîtrise de géographie, université Paris-X, 195 p.
- FROMAGEOT A., 2003 – *Vallées maraîchères. Économies vivrières. Étude géographique de l'essor du maraîchage marchand dans les campagnes du Nord de la Côte d'Ivoire et de l'ouest du Burkina Faso*. Thèse de doctorat en géographie, université Paris-I Panthéon-Sorbonne, 745 p.
- KOFFI C., 1992 – « Aspects socio-économiques des pêches et de la commercialisation des ressources des plans d'eau hydro-agro-pastoraux du nord de la Côte d'Ivoire ». In IDESSA (éd.) : *Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du nord de la Côte d'Ivoire*, CNRA, Bouaké, Côte d'Ivoire : 143-163 + annexes.
- LASSAILLY-JACOB V., 1984 – Barrages en terre et développement des zones rurales en Afrique. *Études Rurales*, 92-93 : 95-101.
- LAVIGNE-DELVILLE P., BOUCHER L., 1996 – *Les Bas-Fonds en Afrique Tropicale Humide. Guide de diagnostic et d'intervention*. Paris, GRET, ministère de la Coopération, CTA, 416 p.
- MEADEN G.J., KAPETSKY J. M., 1991 – *Geographical information systems and remote sensing in inland fisheries and aquaculture*. Rome, FAO Fish. Tech. Report, 318, 262 p.
- REYNOLDS C. S., ELLIOTT J. A., 2002 – Phytoplankton diversity: discontinuous assembly responses to environmental forcing. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28 : 336-344.
- SCUDDER T., CONELLY T., 1985 – *Management systems for riverine fisheries*. Rome, FAO Fish. Tech. Paper, 263, 92 p.
- SODEPRA, 1985 – *Entretien et gestion des barrages pastoraux : les comités de gestion*. Note technique de la Sodepra, février 1985. Anader, Korhogo, 23 p.
- STARLING F., LAZZARO X., CAVALCANTI C., MOREIRA R., 2002 – Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill. *Freshwater Biology*, 47 : 2443-2452.
- THOMAS S., 2000 – *Les différents producteurs primaires d'un petit barrage tropical africain : dynamiques et interactions (Brobo, Côte d'Ivoire)*. Thèse de doctorat, université Paris-VI, 246 p.
- WEIGEL J.-Y., 1991 – « Conflits, réglementations traditionnelles et aménagements des pêcheries sahélo-soudaniennes (Afrique de l'Ouest) ». In : *Stratégies d'aménagements des pêcheries continentales au Sahel*, FAO Fisheries Report, 45 : 23-33.

Postface

This book presents a series of studies that share a geographical and thematic focus: small reservoirs in northern Côte d'Ivoire. For anyone interested in this topic, the book presents a comprehensive overview of the many facets that encase these complicated systems. Given the local socio-economic importance of these systems, this alone would make this an important scientific contribution to the field of regional development. However, this post-face does not attempt to briefly review the content but to reflect upon its wider relevance and upon some emerging issues. Specifically, three issues will be put forward:

- international relevance,
- multi-disciplinarity and scale,
- importance of connectivity between small reservoirs.

International relevance

Throughout Africa, many large reservoirs and associated irrigation schemes were constructed during the 1970's. In general, the performance of these large schemes was unsatisfactory, mainly because of the lack of proper governance structures at these higher organizational levels. Presently, international donors are hesitant to finance further large-scale irrigation development. At the same time we see that small reservoirs tend to be more successful in providing village populations with water for fishing, irrigation, households, and cattle. Although there are also small reservoirs that do not always perform well, they score, in general, much better than larger schemes. At the same time we see that some of the negative effects of large reservoirs are not relevant in the case of small reservoirs, specifically with regard to forced migration of people and loss of wetland habitats. This has made small reservoirs a popular intervention tool for governments and NGO's. This phenomenon is not limited to the Côte d'Ivoire. Small reservoirs can be found in all semi-arid parts of the world, be it in Africa, Latin America, or Asia.

The first Millennium Development Goal is to overcome hunger in the world. Improvement of the water productivity will be a main instrument to reach that goal. Africa's dependence on rainfed agriculture limits technological innovations based on agro-chemicals and improved germplasm. The unreliability of the rainfall, particularly in the form of

within-season dry spells, limits the returns on such investments. Given the difficulties that surround large scale irrigation development in Africa, diffuse development of water resources seems to be a good way forward. Small reservoirs are an especially interesting option as they extend water availability into the dry season and can be used to overcome dry spells during the rainy season.

As becomes very clear from this book, irrigation is just one of many positive aspects of small reservoirs. These reservoirs also provide water for cattle, fishery, household, and less obvious economic activities such as basket weaving and brick making. As a result, small reservoirs are popular objects that development organizations like to build. Not surprisingly, we have seen a continuous construction of such reservoirs and we will undoubtedly continue to find more and more of these structures throughout the savanna areas of the world.

Although one reservoir may mainly have positive effects locally, an important question that pushes itself forward is what happens if one hundred reservoirs are constructed, or one thousand? To understand the impacts of such ensembles is the central question of international research, such as can be found, for example, in the Small Reservoir Project, which is part of the large "Challenge Program Water for Food." As this book already suggests, for some issues, the impact will be more or less linear. For example, hydrological losses through evaporation will, more or less, simply add up. The same holds, to first order, for primary productivity of the reservoir ensemble. To develop tools to assess linear ensemble impacts is perhaps not trivial but definitely doable. Much more difficult are some negative impacts such as market saturation, ecology (eutrophication, algal blooms), and human health. Such impacts can not simply be summed over all reservoirs but are highly non-linear. To complicate matters further, the total effects are not just non-linear functions of the number of reservoirs but also of the way reservoirs are connected through physical and social networks.

For the international development community, perhaps the main direct merit of this book is that it opens a window on all these different aspects. On the basis of this specific case of small reservoirs in northern Côte d'Ivoire, the reader is exposed to the complexity that small-scale, village-level socio-economic development entails.

Multi-disciplinarity

Most people will readily agree that the analysis of natural resources and rural development require more than one discipline. The idea that one

single technology such as aquaculture or improved plant water availability through irrigation will solve malnutrition, is no longer commonly shared in the expert community involved in development programs. In the framework of this research project, this is not a newly acquired insight but the starting point for the analysis. From the start, the research involved limnologists, ecologists, health scientists, hydrologists, etc. Their results form the bulk of this book.

Ideally, the final analysis would bring together the insights from all disciplines and transcend traditional scientific method by presenting a complete picture. Such a type of inter- or transdisciplinary research does not yet exist. It is, therefore, not surprising that also this book does not accomplish this. In the end, the reader has acquired knowledge of all or, at least, most facets surrounding small reservoirs. That these facets are interdependent becomes clear but the exact nature of the myriad of links between these facets remains beyond our analytical capacity.

Probably the most interesting new methodological insight where it comes to interdisciplinary research is the importance that spatial scale has. At a micro scale, a reservoir may be seen as an extra breeding ground for vectors such as mosquitoes. At a larger scale, this does not automatically translate into higher malaria morbidity. At the micro level, it may suffice to carry out a medical-entomological survey on vectors. To understand the larger scale impact on human health, however, a large number of surveys, both social, medical, nutritional, and entomological, is needed to understand the impact on human health of small reservoirs. The number of disciplines and the complexity of the interactions between different determinants of socio-economic development apparently grow exponentially when the scale of the analysis increases. Finally, a small reservoir is not a geographically isolated entity; it is not an inverted island. The functions and functioning of a small reservoir depend to a large extent on the watershed in which it is situated.

Connectivity and networks

All good research leads to new scientific questions that need to be answered next. The statement that “more research is needed”, often seems an obligatory platitude. Still, looking at the presented studies as a reader who is not directly involved with the topic, perhaps the largest value is the emerging realization that networks are important. This aspect emerges when we zoom out and contemplate the ensemble effects of small reservoirs. The insights in this issue provided here are really new and do form the basis of extensive recent international

research on this topic. This insight goes beyond the insight that the cumulative effects may be non-linear, such as in the case of market saturation and malaria morbidity. Such non-linear effects can probably to a large extent be captured by functions that combine densities of, and distances to, small reservoirs. What is new here is that the connectivity topology of the system matters.

In its simplest form, the connectivity of the system follows the logic of the watershed: there is a hierarchical upstream-downstream network that connects reservoirs along a hydrological cascade. All things that are passively transported by flowing water, such as mollusks, certain pathogens, sediments, and nutrients, are subject to this logic. If an upstream reservoir is enriched with, say, phosphorus then downstream reservoirs clearly run a high risk of eutrophication. The matter becomes really complicated when the hydrological network is overlaid with a social network. A good example of the latter is when groups of fishermen, who are infected with schistosomiasis, have access to several reservoirs. How the infected mollusks then spread through the region depends on the hydrological network and the contacts that other social groups have with water downstream.

With the new élan that pervades the present landscape of development aid, many new donors and agencies come to the scene who may not be aware of the immense complexity that surround issues like water productivity, nutrition, and human health. Small reservoirs are loci where environmental and social issues meet. The seeming simplicity of these structures is unraveled in this book and the full inter-wovenness of the many factors that determine rural development is exposed. Especially when it comes to ensembles of reservoirs and their network-based interactions, does it become clear that there are no uncomplicated ways forward. As such, this book has a heuristic value for all people interested in science-based development that goes well beyond the topic of small reservoirs in northern Côte d'Ivoire.

Nick VAN DE GIESEN
September 2006

Prof.sdr.ir. Nick van de Giesen
Water Management, Civil Engineering & Geosciences
TU Delft
Stevinweg 1, 2628 CN Delft
PO Box 5048, 2600 GA Delft
Netherlands
E-mail: n.c.vandegiesen@tudelft.nl

Résumé

Les vallées des savanes soudano-sahéliennes d'Afrique de l'Ouest, longtemps marquées par leur inhospitalité en raison de parasitoses redoutables (maladie du sommeil et cécité des rivières principalement), représentent un potentiel agronomique significatif et reconnu. Associées aux hauts bassins de la plupart sinon la totalité des fleuves et rivières qui drainent cette région, ces bas-fonds possèdent des sols souvent généreux que les campagnes de lutte contre les grandes endémies ont maintenant réouvert aux populations. Le programme Onchocercose de l'OMS, auquel toute une génération de chercheurs et techniciens de l'Orstom a consacré une large part de son énergie et de ses activités, est ainsi entré depuis quelques années dans sa phase dite de dévolution : la priorité est aujourd'hui à la mise en valeur et à l'intensification de l'exploitation de ces vallées. Barrages petits et grands sont au cœur de cette dynamique.

D'un tout autre point de vue, la péjoration climatique durable, superposée à des dynamiques démographiques vigoureuses, impose la mise en œuvre de stratégies efficaces de sécurisation des ressources en eau, tandis que dans le même temps, la demande – notamment urbaine – en produits vivriers ne cesse de croître. L'espace régional est maillé de réseaux marchands complexes qui tous reposent sur des sites de production et d'échanges en constante évolution. Là encore, barrages petits et grands – et les terres agricoles qui leur sont associées – représentent des ressources, mais aussi des enjeux, désormais bien identifiés, en premier lieu par et pour les populations qui en sont riveraines et les exploitent.

La Côte d'Ivoire n'échappe pas à ce schéma général et plusieurs centaines de réservoirs y ont été édifiés en vagues successives depuis les années 1970. Si la création de multiples réserves d'eau y a constitué une réponse pragmatique aux épisodes de sécheresse sévère qui ont affecté tout le sous-continent, l'aménagement des savanes ivoiriennes visait aussi à créer des aires de production attractives destinées à stimuler le développement d'une région restée largement en retrait du « miracle ivoirien ». L'habillage de cette ambition politique s'est particulièrement révélé à la faveur de l'épisode de sécheresse des années 1980, avec la création dans le nord du pays de plusieurs centaines de barrages à vocation pastorale. Les dispositions exceptionnelles alors mises en œuvre par la

Côte d'Ivoire avaient pour objectif explicite de contribuer à créer des conditions d'accueil favorables à l'installation durable des pasteurs peuls des pays limitrophes sahéliens (Burkina Faso et Mali), alors très durement affectés par la crise climatique. En visant à terme l'intégration des pasteurs migrants dans les systèmes de production nord-ivoirien, l'intervention publique a tenté de mettre l'accent sur la complémentarité des activités agricoles locales et des pratiques pastorales apportées par les Peuls. Il s'agissait à l'échelle nationale de réduire les importations de viande bovine, en sédentarisant ce cheptel étranger, mais également localement d'apaiser les tensions sociales entre pasteurs et agriculteurs, le second point étant fondamental pour que puisse être atteint le premier.

Certes petits, mais nombreux et dispersés, les barrages agropastoraux ont ainsi créé dans le nord du pays un véritable réseau d'infrastructures dont les potentialités bénéfiques comme négatives n'ont échappé ni aux communautés riveraines, ni aux organes d'encadrement mis en place par l'État. Le développement de pêcheries artisanales fut ainsi explicitement encouragé, tant pour tirer partie des ressources halieutiques potentiellement associées aux masses d'eau artificiellement créées que pour générer des rentes d'exploitation payées par les pêcheurs aux villageois riverains et destinées à compenser la perte des terrains ennoyés. Simultanément, l'émergence de marchés surtout urbains et fortement demandeurs de produits maraîchers jusqu'alors principalement importés (comme l'oignon) a conduit à une autre forme de mise en valeur des réservoirs par l'émergence d'une filière centrée sur les cultures irriguées. Enfin, partout où les barrages ont été édifiés, les communautés riveraines ont rapidement intégré ces espaces nouveaux à leurs sphères domestique et artisanale, et adopté des comportements et pratiques où les masses d'eau elles-mêmes, leur périphérie, ou encore les nappes phréatiques qu'elles contribuent à stabiliser sont devenues parties prenantes des systèmes de production.

Ce tableau est cependant entaché de réserves importantes et multi-formes. Aux affirmations péremptoires des bailleurs de fond soutenant la non-viabilité de tels aménagements, en raison de déficits d'entretien chroniques, font écho les incertitudes notamment hydrologiques associées aux conditions de pérennisation des réservoirs eux-mêmes, et donc des biens et services qu'ils contribuent à générer. Dans le même esprit, si la durabilité de leur exploitation repose en premier lieu sur la reproduction interannuelle des ressources qu'ils contribuent à générer (stocks de poissons par exemple), la juxtaposition dans l'espace comme dans le temps d'activités diverses, souvent complémentaires, parfois concurrentes, éventuellement antagonistes, interroge quant à l'évolution

du métabolisme des plans d'eau (eutrophisation, pollution) et aux conditions écologiques du maintien de leur productivité ou plus immédiatement de leur bonne qualité.

D'autre part, aux bénéfices véritables tirés de la mise en valeur des petits barrages sont associés des nuisances potentielles, liées par exemple au développement de comportements à risques dans le contexte de la prolifération de vecteurs ou hôtes intermédiaires de maladies parasitaires eau-dépendantes (paludisme et schistosomiasis notamment) susceptibles d'altérer sensiblement la valeur d'usage des aménagements. Enfin, si les barrages sont générateurs de richesses et d'opportunités diverses, ils sont également porteurs ou révélateurs d'inégalités lors du partage de ces bénéfices et de ces risques. Tout particulièrement, aux objectifs initiaux de développement d'une filière pastorale ivoirienne, basée sur l'utilisation des aménagements, et vouée à participer à la promotion d'une région marginalisée, se sont substituées des ambitions locales marquées par le détournement de ces objectifs et la réappropriation par les sociétés riveraines et sous des formes variées des aménagements et de leurs ressources, au détriment des bénéficiaires et destinataires officiels. Les petits barrages sont ainsi devenus des arènes de confrontations, où jeux de pouvoir et tensions sociales (inter- comme intra-communautaires) sont venus bouleverser, parfois en profondeur, les modalités d'accès aux ressources et les conditions de leur exploitation.

Héritages du passé marqués du sceau de l'action publique, les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire constituent aujourd'hui un patrimoine véritable, dont toutefois le rôle structurant demeure mal appréhendé quand il n'est pas ignoré. La lacune est de taille dans le contexte d'un engouement persistant et d'une demande constante sinon croissante de la part des communautés rurales elles-mêmes pour la création de nouveaux aménagements. Manque d'informations, parfois de base comme leur nombre exact et leur localisation précise, déficit de connaissances tant pour ce qui relève de leurs caractéristiques que de leur fonctionnement, approximations ou lacunes dans l'estimation de leurs impacts sociaux, économiques ou encore sanitaires et écologiques constituent autant de biais qui jusqu'alors n'ont pas permis d'en dresser un tableau synoptique et objectif.

Sociétés et systèmes écologiques évoluent ensemble et se transforment réciproquement, *a fortiori* quand les systèmes en question correspondent à des innovations véritables, à l'échelle des paysages comme à celles des populations qui y vivent. Leur dynamique exige, pour être comprise, des travaux où coopèrent sciences de la nature et sciences des sociétés.

C'est dans cet esprit pluridisciplinaire que les travaux focalisés sur les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire ont été réalisés. C'est dans cet esprit encore qu'ils se trouvent ici restitués, au travers de trois parties consacrées successivement à l'espace et aux milieux, à leurs communautés et ressources aquatiques, et aux modalités de leur utilisation et de leur exploitation. Créés *par* l'homme *pour* l'homme, les petits barrages sont d'abord des écosystèmes artificiels dont l'ouvrage présent entend faire un état des lieux. À ce titre, si par définition le bilan présenté est intimement marqué par les spécificités ivoiriennes, le regard prospectif proposé ici espère concerner de façon plus générale l'ensemble des bas-fonds des aires rurales soudano-sahéliennes d'Afrique de l'Ouest.

Summary

Long marked by their inhospitality because of dreadful parasitoses (mainly sleeping sickness and 'river blindness'), the valleys of the Sudan-Sahel savannah in West Africa have significant, recognised agricultural potential. Related to the upper drainage basins of most if not all the rivers flowing through the region, these inland valleys have often generous soils now re-opened to the population after campaigns to control the major endemic diseases. The WHO Onchocerciasis Control programme, to which an entire generation of Orstom scientists and technicians devoted a large proportion of its energy and work, has thus for some years been in what it referred to as its devolution phase. Priority is therefore awarded today to the cultivation and intensification of exploitation of these valleys. Large and small dams are at the heart of this dynamics.

From a completely different point of view, lastingly worsening climatic features together with vigorous population dynamics require the implementation of effective strategies for ensuring secure water resources while demand — especially urban — for food products is growing continuously. The region has grids of complex trading networks that are all based on constantly changing production and trading sites. Here again, dams large and small and the farmland that they serve are resources and also clearly identified issues first and foremost by and for the local people who use them.

Côte d'Ivoire does not escape this general pattern and several hundred reservoirs have been established in successive waves since the 1970s. Although the creation of numerous storage basins has been a pragmatic response to the series of severe droughts that have affected the whole of the sub-continent, the development of savannah areas in Côte d'Ivoire was also aimed at creating attractive production areas to stimulate development in a region remote from the 'Côte d'Ivoire miracle'. This political ambition was seen in particular with the droughts of the 1980s and the building of several hundred dams for pastoral purposes in the north of the country. The exceptional measures then implemented by Côte d'Ivoire had the explicit aim of contributing to create favourable conditions for the sustainable settling of Fulani herdsmen from neighbouring Sahel countries (Burkina Faso and Mali) that were then hit hard by climatic problems. By fostering the subsequent incorporation of the

migrant herdsmen in farming systems in northern Côte d'Ivoire, public action attempted to highlight the complementarity of local farming activities and the grazing practices contributed by the Fulanis. At the national scale, this would reduce beef imports by settling these foreign herds and also mitigate local social tension between graziers and crop farmers. Success of the first point depended fundamentally on the second.

Small but numerous and scattered, the agropastoral dams constructed in the north of the country thus form an infrastructure network whose positive and negative potential are perceived by both neighbouring communities and the management facilities set up by the state. Explicit encouragement was thus provided for artisanal fisheries for both benefiting from the potential fishery resources associated with the impoundments and for generating operating rent for fishermen in neighbouring villages to provide compensation for the land that had been submerged. At the same time, the emergence of especially urban markets with strong demand for hitherto imported market garden produce such as onions led to another form of use of the reservoirs by the forming of a sector centred on irrigated farming. Finally, wherever dams were built, the local communities soon incorporated these new areas into their domestic and artisanal spheres. They adopted behaviour and practices in which the water-bodies themselves, their periphery and the ground water that they help to stabilise have become integral parts of farming systems.

However, reservations are substantial and take many forms. Firstly, the peremptory affirmations of donors who hold that such developments are not viable because of chronic lack of maintenance are echoed by uncertainties — especially hydrological — with regard to the conditions of sustainability of the reservoirs themselves and hence of the goods and services that they contribute to generating. In the same spirit, although exploitation sustainability is based first and foremost on the interannual reproduction of the resources that they contribute to generating (e.g. fishery stocks), the juxtaposition in both space and time of varied, often complementary and sometimes conflicting activities raises questions as to the evolution of the metabolism of the water bodies (eutrophication, pollution) and the ecological conditions for maintaining their productivity and, more immediately, their quality.

Secondly, the true benefits drawn from the operation of small dams are accompanied by potential nuisances associated for example with risk behaviour in the context of the proliferation of vectors of water-dependent diseases (especially malaria and schistosomiasis) that may do considerable

damage to the value of the use of the facilities. Finally, although dams generate wealth and various opportunities, they also bear or reveal inequalities in the sharing of these benefits and risks. In particular, the initial development objectives of a pastoral sector in Côte d'Ivoire based on the use of the facilities and intended in particular to participate in the improvement of an under-privileged region were replaced by local ambitions marked by the rerouting of these objectives and the reappropriation by neighbouring societies, in various forms, of the developments and their resources at the expense of the official beneficiaries. Small dams thus became arenas for disputes in which the play of power and social tensions — both inter- and intra-community — upset, sometimes very profoundly, the procedures for access to the resources and the conditions of their exploitation.

A carry-over from the past with the imprint of public action, the small dams in northern Côte d'Ivoire are today a true heritage, but one whose structuring role is still poorly understood or unknown. The gap is a big one in a context of continued use and constant or increasing demand from rural communities for the construction of new facilities. The lack of sometimes even basic information such as the precise number and positions, the lack of knowledge of both their characteristics and functioning, the approximations or gaps in the assessment of their social and economic and also sanitary and ecological impacts are all features that have hitherto made it impossible to establish an objective synoptic picture.

Ecological and social systems develop together and change reciprocally, especially when the systems concerned are true innovation at the scale of the landscapes and their populations. To be understood, their dynamics require work in which natural sciences and social sciences are combined. The work focused on the small dams in northern Côte d'Ivoire was conducted in this multidisciplinary spirit. The same spirit applies here to the three chapters devoted successively to the area and environments, to their communities and aquatic resources and to the way in which they are used and exploited. Created *by man for man*, the small dams are above all artificial ecosystems reviewed in the present work. For this, although the report is by definition closely marked by features specific to Côte d'Ivoire, it is hoped that the forward-looking discussion has more general application to all inland valleys zones in Sudan-Sahel rural areas in West Africa.



59, Av. Émile Didier
05003 Gap Cedex
Tél. 04 92 53 17 00
Dépôt légal : 367
Juin 2007
Imprimé en France

Mots clés

Petits barrages
Bas-fonds
Ressources
Gestion
Aménagement
du territoire
Côte d'Ivoire
Afrique de l'Ouest



Keywords

Small reservoirs
inland valleys
Resources
Management
Regional development
Côte d'Ivoire
West Africa

Les petits barrages constituent une composante désormais incontournable des paysages d'Afrique de l'Ouest. Petits et nombreux, mais dispersés, ils structurent les espaces, en générant un ensemble de ressources diverses. Ils induisent de fait la juxtaposition d'acteurs et d'usages souvent complémentaires, parfois concurrents, éventuellement antagonistes. Ils sont ainsi à l'origine de recompositions sociales marquées par des réarrangements institutionnels et de nouvelles règles d'accès aux écosystèmes et aux ressources. Objets de développement reconnus et appréciés des populations, leur nombre ne cesse d'augmenter.

Pour évaluer les bénéfices et les risques associés à ces aménagements, cet ouvrage, centré sur les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire, dresse un état des lieux pluridisciplinaire. Destinée à tous les chercheurs et aménageurs préoccupés par le développement durable des savanes soudano-sahéliennes, il invite également à une réflexion plus générale sur les changements écologiques et sociaux liés à l'aménagement des vallées.

Small reservoirs are now an important feature of West African landscapes. Small and numerous but scattered, these water bodies give structure to rural areas by generating a set of varied resources. They lead to a juxtaposition of players and uses that are often complementary, sometimes in competition with each other and possibly a source of antagonism. They also induce social reconstruction marked by institutional rearrangements and new rules for access to ecosystems and resources. A recognised development feature appreciated by local populations, their numbers are increasing continuously.

To evaluate the benefits and risks that may be associated with the presence and use of these facilities, this book centred on the small reservoirs in Northern Côte d'Ivoire forms a multidisciplinary report on the situation. It is intended for all researchers and development bodies concerned by the sustainable development of the Sudan-Sahel savannah regions and invites broader reflection on the ecological and social changes involved in the development of inland valleys.



Institut de recherche
pour le développement

213, rue La Fayette
75480 Paris cedex 10
www.edition.ird.fr

Diffusion :

12, avenue Henri-Varegnat
93143 Bondy cedex
fax : 01 48 02 79 09
diffusion@bondy.ird.fr

38 €

ISBN 978-2-7099-1615-8
ISSN 1278-348X

