

CARACTÉRISATION DES TROIS ENVIRONNEMENTS CLÉS POUR L'INTÉGRATION IRRIGATION-AQUACULTURE ET LEURS APPELLATIONS LOCALES

Paul Kiepe
 Consortium bas-fonds (CBF), ADRAO – Le Centre du riz pour l'Afrique
 Cotonou, Bénin

Kiepe, P. 2010. Caractérisation des trois environnements clés pour l'intégration irrigation-aquaculture et leurs appellations locales. Dans M. Halwart & A.A. van Dam (éds). *Intégration de l'irrigation et de de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest: concepts, pratiques et perspectives d'avenir*. Rome, FAO. pp. 1–5.

Résumé

Cet exposé présente une définition des zones humides et souligne la différence qui existe entre une zone humide comme écosystème et les bas-fonds comme systèmes de production. Il montre les différents systèmes de classification disponibles pour faire référence à leur utilisation spécifique. L'on définit les zones humides comme des zones inondées en partie ou en totalité, épisodiquement ou continuellement. Les zones humides tropicales peuvent être divisées en quatre groupes principaux: les plaines côtières, les bassins fluviaux, les plaines inondables et les bas-fonds. En Afrique subsaharienne, les bas-fonds représentent 36 pour cent de toutes les zones humides; ce sont les parties amont des réseaux de drainage, où les dépôts alluvionnaires suite aux processus de sédimentation sont quasiment ou totalement inexistantes. Il fait remarquer qu'il existe une classification locale des zones humides et que les appellations locales peuvent fournir une information intéressante et inattendue pour les études propres à chaque site. Il existe cependant un danger qui serait d'utiliser une mauvaise traduction de ces appellations locales, car une appellation locale peut englober plusieurs types de zones humides différentes, au sens où nous l'entendons. Mais en gardant cela à l'esprit, la classification locale peut être un outil utile pour décrire les endroits où l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture (IIA) peut être développée. En Afrique de l'Ouest en particulier, trois environnements clés regroupent la majorité des systèmes d'IIA: (1) les systèmes irrigués, (2) les plaines inondables et (3) les bas-fonds.

Introduction

Le dénominateur commun des trois environnements clés pour l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture (IIA) – systèmes irrigués, plaines inondables et bas-fonds – c'est que ce sont tous des zones humides. Cependant, la classification et la caractérisation des zones humides paraissent compliquées en raison de l'existence de nombreux systèmes de classification. Lors de «l'atelier de développement et gestion des zones humides (WEDEM) sur l'utilisation durable des bas-fonds», parrainé par la FAO, tenu à Cotonou au Bénin en 1996, l'une des conclusions était qu'il manquait une approche commune pour la classification et la caractérisation des zones humides. Cette conclusion n'avait rien de nouveau; la question avait été soulevée à plusieurs reprises précédemment et c'était l'un des facteurs qui avait motivé le lancement du Consortium Bas-fonds (CBF) en 1993. Il convient d'examiner de près les systèmes de classification des zones humides qui s'avèrent pertinents pour cet atelier, afin d'éclairer la question.

Zones humides

Les zones humides sont des zones inondées en partie ou en totalité, épisodiquement ou continuellement. En général, il s'agit de mares, de marécages, de bourbiers et de bas-fonds. Les zones humides sont des écosystèmes complexes propres à chaque site et elles sont critiques pour la survie de nombreuses communautés à travers le monde. Les zones humides occupent environ dix pour cent de l'Afrique subsaharienne (tableau 1). Il y a deux opinions contradictoires sur la gestion des zones humides: l'une d'ordre agricole et l'autre d'ordre écologique. Du point de vue agricole, les zones humides sont censées constituer la base de systèmes robustes de production, elles sont moins sensibles à la dégradation que les hautes terres adjacentes en raison de l'arrivée fréquente de l'eau, des substances nutritives et des résidus végétaux. Par contre, les écologistes considèrent les mêmes zones humides comme étant des écosystèmes fragiles qui doivent être traités avec beaucoup de soin. Par conséquent, il devient nécessaire de

Tableau 1. Les superficies des zones humides en Afrique tropicale subsaharienne et proportion des types de zones humides sur la totalité des zones humides, terre arable et superficie totale des terres (Andriessse, 1986).

Type de zone humide	Superficie (km ²)	Proportion de type de zone humide		
		de la totalité des zones humides (%)	des terres arables (%)	de la totalité des terres (%)
Zones humides côtières	165 000	6,9	1,5	0,7
Bassins fluviaux	1 075 000	45,0	9,7	4,5
Plaines inondables	300 000	12,6	2,7	1,3
Bas-fonds	850 000	35,6	7,7	3,6

faire une distinction entre une zone humide en tant qu'écosystème et une zone humide en tant que système de production.

Écosystèmes des zones humides

La Convention de Ramsar sur les zones humides définit les zones humides comme «les zones de marais, tourbière basse, mare vaseuse ou d'eau, naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, avec l'eau qui coule ou qui est statique, qu'il s'agisse de l'eau douce, saumâtre ou salée, y compris les zones d'eau de mer dont la profondeur à marée basse ne dépasse pas les six mètres». La classification Ramsar divise les zones humides en trois catégories principales:

- les zones humides maritimes et côtières;
- les zones humides intérieures;
- les zones humides artificielles.

Les catégories principales ont, en outre, des subdivisions, si bien qu'au total il existe environ quarante types de zones humides (Ramsar, 1999).

Les zones humides ont des fonctions écologiques importantes comme l'épuration de l'eau, la recharge de la nappe phréatique, la fixation du carbone et la protection contre l'inondation et l'érosion. Les zones humides fournissent aussi des nids où de nombreuses espèces de la faune sauvage se reposent. On peut les considérer comme un lieu de reproduction et un vivier pour les poissons, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Les zones humides sont particulièrement importantes pour les espèces peureuses et rares

Systèmes de production des zones humides

Cet atelier se concentre sur les zones humides comme systèmes de production. Les zones humides ont des fonctions économiques

importantes comme les cultures agricoles (par ex. le riz) ou la production légumière. Elles offrent du chaume, des matériaux pour les clôtures et pour la vannerie, de l'eau et du pâturage pour le bétail en saison sèche, en plus des activités de pêche qui s'y déroulent. Alors que la convention Ramsar a procédé à une classification des zones humides visant la protection de la biodiversité des écosystèmes fragiles, les organisations de recherche agricole ont basé leur classification des zones humides sur un certain nombre d'autres critères, décrits comme suit avec une présentation de trois classifications existantes qui s'avèrent pertinents aux trois environnements clés choisis dans le contexte de cet atelier pour le développement de l'IIA.

Classification WURP/PRUZH des zones humides africaines

Le Projet de recherche sur l'utilisation des zones humides (WURP/PRUZH), financé par le Gouvernement hollandais (DGIS) et mis en œuvre par l'Institut international pour l'agriculture tropicale (IITA) et l'Université de Wageningen au début des années 80, avait pour objectif principal le développement des bas-fonds pour la riziculture en zones humides. La première phase du WURP/PRUZH consistait à faire l'inventaire des informations pour identifier l'étendue et les catégories de zones humides dans les zones humides et sub-humides de l'Afrique de l'Ouest (Windmeijer et Andriessse, 1993). Sur la base de considérations géomorphologiques, quatre types principaux de zones humides ont été distingués:

- les plaines côtières (deltas, estuaires, bassins à flots);
- les bassins fluviaux (grands bassins hydrographiques);
- les plaines inondables (dépôts alluvionnaires récents);
- les bas-fonds (connues localement aussi sous les appellations de dambos, fadamas ou marais).

Tableau 2. Importance relative des systèmes de production rizicole en Afrique occidentale et centrale (ADRAO, 1997).

Système de production rizicole	Étendue	Production
	(%)	(%)
Les eaux de marée (mangroves, plaines côtières)	4	4
Riz flottant ou en zones très inondées	9	5
Systèmes irrigués	12	28
Les hautes terres d'alimentation pluviale	31	25
Les basses terres d'alimentation pluviale	44	36

L'étendue des quatre types de zones humides en Afrique a été estimée en déduisant par extrapolation à partir des résultats de l'Afrique de l'Ouest superposés à la carte des sols de l'Afrique de la FAO, comme l'indique le tableau 1.

Classification ADRAO des environnements de production rizicole

L'ADRAO (Centre du riz pour l'Afrique) reconnaît quatre principaux systèmes de production rizicole en Afrique de l'Ouest (tableau 2):

- les eaux de marée (mangroves et plaines côtières);
- les environnements aux eaux profondes/inondables;
- les systèmes irrigués;
- les systèmes pluviaux en zones de haute altitude;
- les systèmes pluviaux en zones de basse altitude.

Étant donné que systèmes pluviaux en zone de haute altitude, les systèmes pluviaux en zones de basse altitude et les systèmes irrigués représentent la majeure partie de l'étendue et de la production totale en Afrique occidentale et centrale, et en raison de leur rôle dans la réduction de la pauvreté, on a accordé la priorité à l'exploitation de ces trois systèmes de production. On a accordé moins d'attention directe aux autres systèmes tels que la production rizicole dans les mangroves et dans les zones aux eaux profondes, non pas parce que ces systèmes étaient moins importants mais simplement parce qu'il était plus efficace de concentrer les ressources sur les trois systèmes de production susmentionnés.

Classification FAO

L'étude des systèmes agricoles mondiaux de la FAO/Banque mondiale reconnaît huit différents systèmes agricoles (Dixon et Gulliver, 2003):

- systèmes agricoles irrigués des petits exploitants;
- systèmes agricoles basés sur la riziculture en zones humides;
- systèmes agricoles pluviaux dans les endroits humides;
- systèmes agricoles pluviaux dans les régions escarpées et montagneuses;
- systèmes agricoles pluviaux dans les zones sèches et froides;
- systèmes agricoles dualistes avec des exploitations commerciales à grande échelle et des champs de petits exploitants;
- systèmes agricoles mixtes de pêches côtières artisanales;
- systèmes agricoles urbains.

Les trois premiers systèmes agricoles sont pertinents pour la rizipisciculture, ils coïncident, dans une grande mesure, avec les trois environnements clés choisis pour cet atelier.

Les environnements clés de l'IIA

La classification utilisée dans le contexte du développement de l'IIA se présente comme suit:

- systèmes irrigués (maîtrise totale de l'eau);
- plaines inondables;
- bas-fonds (sans contrôle ou maîtrise partielle de l'eau).

Cette classification est basée ainsi sur un ensemble de considérations géomorphologiques et de gestion d'eau, selon l'illustration de la figure 1.

Systèmes irrigués

L'irrigation peut être décrite comme l'approvisionnement en eau des terres par des moyens artificiels de canaux et de rigoles, destinés à favoriser la croissance des cultures vivrières. En Afrique de l'Ouest, les systèmes irrigués sont

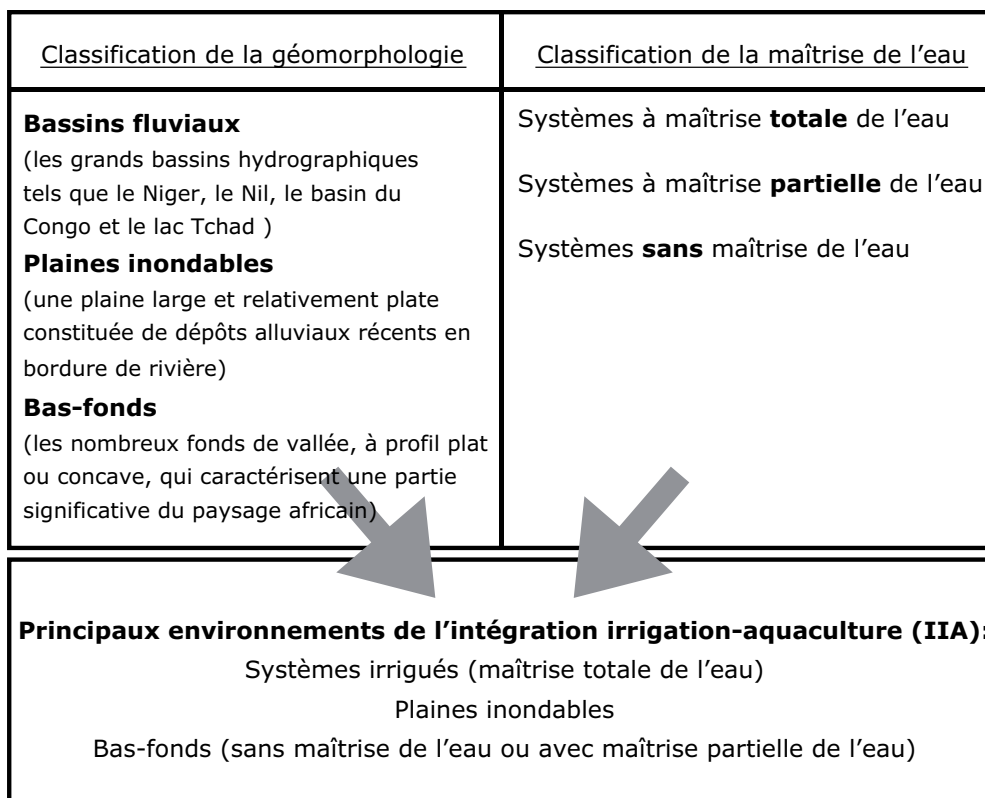


Figure 1. Classification des environnements de l'intégration irrigation-aquaculture (IIA) basée sur un ensemble de considérations géomorphologiques et la gestion d'eau.

situés dans les bassins fluviaux, comme le bassin du fleuve Sénégal, le delta intérieur du fleuve Niger, le bassin du fleuve Volta et le long des plaines inondables des grands fleuves. L'irrigation implique l'approvisionnement en eau sur demande, indépendamment de la pluviométrie.

Plaines inondables

Une plaine d'inondation est d'habitude une zone sèche et relativement plane, couverte de dépôts alluvionnaires récents au long d'un ruisseau ou d'un fleuve, et qui est prédisposée aux inondations épisodiques. Les vastes plaines inondables sont bien adaptées à l'irrigation, parce qu'elles sont plus ou moins planes, souvent fertiles et qu'elles sont situées près d'une source d'eau. Les systèmes d'irrigation peuvent être gravitaires, où l'alimentation en eau est assurée par un canal qui va en amont du fleuve jusqu'à un point qui permette la prise d'eau avec suffisamment de hauteur de pression. L'inconvénient de ces systèmes est qu'ils dépendent des fluctuations du niveau de l'eau dans le fleuve et que la prise d'eau ne sera plus possible en dessous d'un certain niveau.

Bas-fonds

Les bas-fonds sont les parties amont des réseaux de drainage, où les dépôts alluvionnaires sont quasiment ou totalement inexistantes. Les petites vallées englobent les bas-fonds et les plaines inondables secondaires couvertes de dépôts d'alluvions, qui peuvent être submergées pendant une période de l'année. Leurs bordures hydromorphes ainsi que les versants et les crêtes des hautes terres ininterrompues qui s'étendent sur les périmètres, suscitent le ruissellement et la percolation des eaux vers les bas-fonds.

La classification choisie pour l'IIA est pragmatique, car les trois environnements ne s'excluent pas l'un l'autre. Les systèmes d'irrigation avec maîtrise totale de l'eau sont souvent situés dans les bassins fluviaux, mais on les trouve aussi dans les plaines inondables voire même dans les petites vallées. Cependant, il peut y avoir une incertitude en ce qui concerne les éléments à incorporer dans ce terme «irrigation». Alors que la maîtrise totale de l'eau est évidente, le domaine de la «maîtrise partielle de l'eau» reste moins précis.

Classification locale des zones humides

Toute population rurale donne sa propre interprétation des zones d'intérêt particulier, d'où ses propres appellations qu'elle donne à ces endroits. Les appellations locales, dénommées aussi noms vernaculaires ou indigènes, ne correspondent pas souvent à une classification scientifique formelle, parce qu'elles sont basées sur d'autres critères. Par conséquent, il est primordial de faire preuve de circonspection quant à l'utilisation de la nomenclature indigène. Ces problèmes peuvent surgir dans des inventaires basés sur des entretiens avec des agriculteurs. Toute question posée en langue locale, relative à une typologie de l'environnement risque de recevoir une réponse avec le nom vernaculaire en langue locale. Les appellations locales peuvent fournir une information intéressante et inattendue pour les études propres à chaque site, mais si l'objectif est d'établir un rapport entre l'information acquise et une zone plus vaste, les questionnaires doivent être formulés pour permettre de découvrir une catégorie dans un système de classification. Les noms vernaculaires doivent donc être utilisés de manière à les faire coïncider avec une catégorie particulière.

Quelques exemples d'appellations indigènes des zones humides:

- *Inland valleys* (Afrique occidentale anglophone). Le terme *inland valleys* fait allusion aux nombreuses vallées dont le fond est plat et qui sont relativement moins inondées. On les trouve dans les plaines et dans les plateaux vastes et onduleux qui constituent la plupart du paysage africain (Andriessse, 1986). L'appellation a été adoptée par le CBF parce qu'elle est très utilisée en Afrique occidentale anglophone;
- *Bas-fonds* (Afrique occidentale francophone). À strictement parler, il s'agit du fond de la vallée en soi et pas de la vallée. «Petite vallée» fait allusion à l'ensemble de la vallée mais le mot «bas-fond» est plus courant;
- *Boli lands* (Sierra Leone). *Boli lands* fait allusion à un ensemble de dépressions vastes et peu profondes et de terrasses en aval des rivières à relief négligeable, prédisposées à l'inondation saisonnière. Le terme *Boli lands* englobe les bas-fonds aussi bien que les plaines inondables;
- *Fadama* (Hausa) est une zone prédisposée à l'inondation saisonnière. Les *Fadamas*

englobent les bas-fonds aussi bien que les plaines inondables;

- *Dambo* (en Chichewa signifie vallée de pâturage). Les *Dambos* sont des dépressions épisodiquement inondées, formées par la désagrégation du rocher d'origine (Roberts, 1988). D'après Mackel (1985), les *dambos* sont des écosystèmes naturels occupant une dépression peu profonde, détremée de façon saisonnière dans ou près de la hauteur d'un réseau de drainage. Cette description coïncide avec celle d'une vallée intérieure;
- *Mbuga* (en Swahili) est égal à *dambo*;
- *Matoro* (en Shona) est égal à *dambo*;
- *Vlei* (Afrikaans) est une zone basse dont le sol est marécageux, notamment une zone qui alimente un ruisseau. *Vlei* peut être utilisé, mais pas systématiquement, pour faire allusion à une vallée intérieure.

Références

- ADRAO**. 1997. Annual Report 1997. Bouaké, Côte d'Ivoire, ADRAO The Africa Rice Center.
- ADRAO**. 2003. Strategic Plan 2003–2012. Bouaké, Côte d'Ivoire, ADRAO The Africa Rice Center, 56 pp.
- Andriessse, W.** 1986. Area and distribution. Dans A.R.S. Juo & J.A. Lowe, éd. *The wetlands and rice in sub-Saharan Africa*. Ibadan, Nigeria, IITA, pp. 15–30.
- Dixon, J. & Gulliver, A.** 2003. *Farm management systems and food production*. Rome, Food and Agriculture Organization, 13 pp.
- Mackel, R.** 1985. Dambos and related landforms in Africa; an example for the ecological approach to tropical geomorphology. *Z. Geomorphol. N.F. Supplementband 52*: 1–23.
- Ramsar**. 1999. Classification system for wetland type. Key documents of the Ramsar Convention. Gland, Switzerland, Ramsar Convention Secretariat (disponible à www.ramsar.org/index_key_docs.htm).
- Roberts, N.** 1988. Dambos in development: management of a fragile ecological resource. *Journal of Biogeography*, 15: 141–148.
- Windmeijer, P.N. & Andriessse, W.**, éd. 1993. *Inland valleys in West Africa: an agro-ecological characterization of rice growing environments*. Publication 52, Wageningen, The Netherlands, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 160 pp.
- Young, A.** 1998. *Land resources: now and for the future*. Cambridge, Cambridge University Press, 319 pp.

UNE REVUE D'EXPÉRIENCES EN MATIÈRE D'INTÉGRATION DE L'AQUACULTURE DANS LES SYSTÈMES D'IRRIGATION À GRANDE ÉCHELLE

John Gowing
École d'agriculture, d'alimentation & développement rural
Université de Newcastle-upon-Tyne, Newcastle, Royaume-Uni

Gowing, J. 2010. Une revue d'expérience en matière d'intégration de l'aquaculture dans les systèmes d'irrigation à grande échelle. Dans M. Halwart & A.A. van Dam (éds). *Intégration de l'irrigation et de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest: concepts, pratiques et perspectives d'avenir*. Rome, FAO. pp. 7-17.

Résumé

Les systèmes d'irrigation alimentent non seulement les grandes cultures en eau, mais ils ont aussi beaucoup d'autres usages productifs et non-productifs. L'aquaculture utilise l'eau de façon productive. C'est une activité qui ne gaspille pas l'eau et qui ne fait pas concurrence à l'irrigation. En principe, l'intégration de l'aquaculture dans les systèmes d'irrigation pourrait susciter une utilisation plus efficace des ressources peu abondantes d'eau douce. Cependant, il devient nécessaire d'examiner les opportunités et les contraintes de l'intégration de l'aquaculture dans les systèmes d'irrigation. Dans les systèmes d'irrigation formels à grande échelle, on peut distinguer quatre sous-systèmes fonctionnels: source d'eau, distribution, utilisation et drainage. Bien que l'aquaculture puisse être intégrée dans chacun de ces sous-systèmes, cette étude se concentre sur les canaux et les étangs de stockage dans le sous-système de distribution. Les cages et les enclos flottants pourraient être utilisés pour l'élevage de poissons dans ces structures. En raison de la forte variabilité de conditions dans les systèmes d'irrigation et entre ces mêmes systèmes, les conditions dans les structures de stockage doivent être évaluées soigneusement. L'aquaculture est plus exigeante que les cultures irriguées en matière d'approvisionnement continu en eau. D'autres points qui doivent retenir l'attention sont la forte teneur en produits agrochimiques dans les eaux d'écoulements en provenance des terrains agricoles, le fait que le temps de réponse de la régulation de l'eau soit lent dans les grands systèmes d'irrigation, ainsi que l'effet des structures aquacoles sur le transport de l'eau dans les canaux.

Introduction

En général, il est reconnu que depuis les années 60, les progrès technologiques en agriculture, collectivement connus sous l'appellation de «Révolution verte», ont fourni des moyens pour permettre aux pays en développement d'assurer l'alimentation de leurs populations croissantes. Le rôle dominant de l'irrigation dans l'atteinte de la sécurité alimentaire est également reconnu. L'agriculture irriguée dans les pays en développement produit 40 pour cent des cultures vivrières et des produits agricoles, et en Asie voire 60 pour cent de la production totale. Le corollaire de cette dépendance de l'agriculture irriguée est que, partout où l'irrigation est pratiquée, cette activité consomme énormément d'eau. Globalement 70 pour cent de toutes les eaux extraites des fleuves et des nappes aquifères souterraines sont utilisées pour l'irrigation et dans les pays à faible revenu cette proportion est encore plus importante, soit 90 pour cent de l'extraction totale (Seckler *et al.*, 1998). Les terres irriguées, cependant, sont concentrées au

niveau de quelques pays et montre de grandes variations régionales.

Pendant les années 90, il y a eu un changement remarquable en ce qui concerne les priorités pour l'allocation et le développement des ressources en eau. La pénurie d'eau est devenue une question importante, si bien que l'irrigation a été considérée à la fois comme un gaspillage et comme une utilisation à faible valeur des ressources en eau. Il y a une forte pression pour un usage plus efficace de l'eau et la conséquence est la réaffectation des ressources destinées à l'irrigation vers des usages municipaux, industriels et environnementaux (Molden *et al.*, 2001; Hamdy *et al.*, 2003). Bien que cette situation ne constitue pas une question majeure actuellement en Afrique subsaharienne, on prévoit que la future sécurité alimentaire dépend de l'expansion rapide des zones irriguées et que la pénurie d'eau deviendra une contrainte, vu les prévisions d'augmentation de la population (Gowing, 2003). Cette situation rend nécessaire de bien comprendre les usages multiples de l'eau dans les systèmes d'irrigation, d'évaluer

économiquement les usages non destinés à l'irrigation (Meinzen–Dick and van der Hoek, 2001) et de mieux reconnaître les liens entre les activités de gestion de l'eau et les écosystèmes aquatiques (Bakker et Matsuno, 2001).

La perception commune est que les systèmes d'irrigation alimentent seulement les grandes cultures en eau, mais la réalité de la situation est plus compliquée. Ainsi dans le secteur agricole, les systèmes d'irrigation alimentent non seulement les grands champs en eau, mais aussi la culture maraîchère, l'agriculture de subsistance et le bétail. Les autres usages productifs incluent la pêche, la récolte des plantes et des animaux aquatiques et d'autres entreprises très variées comme le briquetage. Les fonctions environnementales importantes pourraient englober l'alimentation en eau des arbres et des autres végétations permanentes, ce qui fournit un agrément à la collectivité locale et apporte un soutien à la biodiversité des plantes, des oiseaux ou d'autres animaux. Enfin, d'autres usages non productifs pourraient inclure les usages domestiques tels que la buanderie, la baignade et l'approvisionnement en eau potable des ménages. La reconnaissance de ces usages multiples suscite des implications importantes pour la gestion et la politique en matière d'eau, dans la prise en compte de l'évaluation de l'eau dans les systèmes d'irrigation, dans la façon de gérer les systèmes permettant de maximiser la productivité et comment affecter l'eau à d'autres usages (Meinzen–Dick et Bakker, 2001).

Il s'agit ici, plus précisément, de la production piscicole dans les systèmes d'irrigation et, en particulier, des opportunités pour les populations pauvres d'avoir des moyens d'existence grâce à cette activité. Il est évident que les grands travaux hydrauliques associés au développement de l'irrigation à grande échelle ont eu un profond impact négatif sur un grand nombre d'écosystèmes fluviaux, ce qui se manifeste par une perte remarquable de la biodiversité (Halls *et al.*, 1999; Petr et Mitrofanov, 1998). Dans les cas où cela a entraîné une perte importante des pêches de subsistance, l'impact de ce changement a, en général, frappé les populations pauvres de façon disproportionnée. L'opportunité pourrait exister dans les systèmes d'irrigation nouvellement créés d'atténuer cet impact négatif en favorisant le développement complémentaire de la production piscicole, mais, en général, cela a été ignoré. Des pêches importantes existent dans les canaux d'irrigation dans certains pays, par exemple en Chine (Tapiador *et al.*, 1977), au Pakistan (Javid, 1990), en Égypte (Sadek et El Din, 1988), au Soudan (Coates, 1984) et en Thaïlande (Swingle, 1972), mais très peu

d'attention a été accordée au remplacement du potentiel piscicole perdu par le développement systématique du potentiel aquacole. Chose surprenante, il existe très peu de preuves de recherches qui établissent le rapport entre la production piscicole et l'irrigation, soit en matière d'impact des pêches naturelles soit en matière de possibilités créées pour les nouvelles pêches gérées. En outre, les liens entre les institutions de gestion des pêches et les institutions de gestion de l'eau sont, en général, faibles.

L'environnement de l'irrigation

Cet exposé concerne les systèmes d'irrigation à relativement grande échelle, fournissant la maîtrise totale de l'eau. Il n'existe pas de classification qui soit acceptée sur le plan universel, mais les systèmes d'irrigation peuvent être définis en fonction de leurs caractéristiques physiques et aussi sur la base de leurs caractéristiques organisationnelles. Les dimensions de la zone de maîtrise ne constituent pas en elles seules la caractéristique distinctive, puisqu'un système de 500 ha pourrait être classifié comme un système «majeur» ou «à grande échelle» dans un pays, mais pourrait être considéré comme «mineur» ou «à petite échelle» dans un autre pays. La définition dans le cadre de cet exposé concerne pour être plus précise:

- les hiérarchies formelles des canaux ouverts pour le débit contrôlé de l'eau d'irrigation et pour l'enlèvement des eaux usées;
- les structures organisationnelles formelles avec une institution de gestion légalement constituée, chargée du contrôle de l'affectation et de la distribution de l'eau.

Tous les systèmes d'irrigation formels à grande échelle consistent en quatre sous-systèmes fonctionnels: source d'eau, distribution de l'eau, usage de l'eau et drainage de l'eau. La figure 1 représente ces sous-systèmes et le sens d'écoulement de l'eau. Une minorité des systèmes d'irrigation utilisent les tuyaux au lieu des canaux ouverts pour une partie de leurs sous-systèmes de distribution de l'eau et/ou de l'usage de l'eau, mais les systèmes de canaux ouverts sont les plus courants.

Comme les dimensions de la zone de contrôle pour l'irrigation peuvent varier, la capacité et les dimensions des canaux principaux et secondaires vont varier aussi. D'habitude, un canal principal peut avoir un lit de 5 à 50 m de largeur et de 1 à 5 m de profondeur. Dans la plupart des cas, le canal sera conçu pour fonctionner plus ou

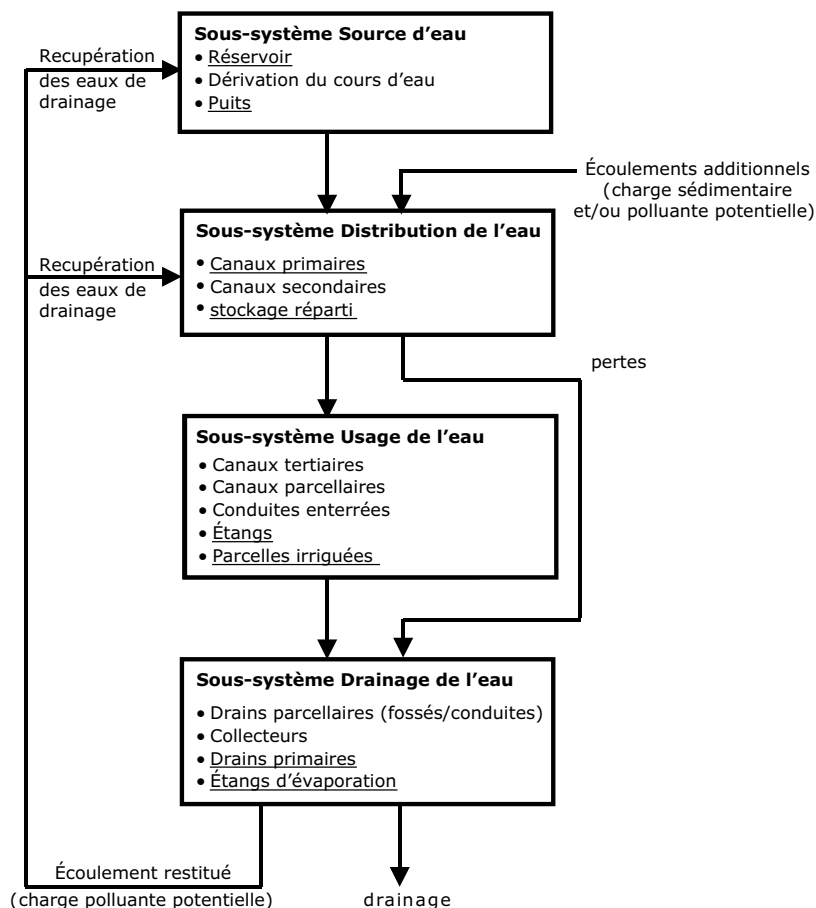


Figure 1. Composantes principales d'un système d'irrigation formel.

moins continuellement pendant toute la saison d'irrigation. La vitesse d'écoulement dépend de la nature du matériau du lit, si le fond est revêtu ou non, et s'il transporte de l'eau claire ou de l'eau chargée de sédiments. Les canaux secondaires et tertiaires distribuent l'eau à des sections de la zone de contrôle pour l'irrigation de plus en plus petites et qui ont donc des lits dont la largeur et la profondeur sont de plus en plus petites. Ils sont moins susceptibles de fonctionner en permanence.

Les structures de stockage de l'eau fournissent une flexibilité opérationnelle parce qu'elles amortissent la différence entre l'approvisionnement et la demande. Un stockage réparti au sein du système de distribution de l'eau de l'eau n'est pas toujours présente; là où elle existe, elle sert de tampon entre les canaux principaux et secondaires ou entre les canaux secondaires et tertiaires. Le stockage peut aussi exister dans le sous-système d'usage de l'eau comme stockage sur les champs; soit comme des étangs pour les cultures ou comme les rizières. Les différences importantes entre les différentes structures de stockage sont la durée et la profondeur des structures de stockage,

la fréquence et le taux de variation.

Certains disent que les systèmes d'irrigation fournissent seulement un choix limité d'habitats avec bien moins de diversité que les fleuves naturels (Redding et Midlen, 1991) et d'autres soutiennent qu'ils fournissent un grand choix d'habitats (Fernando et Halwart, 2000). En dépit de ce désaccord apparent, qui pourrait aussi manifester des variations éco-régionales, on doit reconnaître que l'environnement artificiel d'un réseau de canaux est différent de l'environnement naturel d'un système fluvial de différentes façons. Tout d'abord, le régime d'écoulement est en général géré dans une portée plus étroite, mais il peut être sujet à des épisodes de non écoulement plus fréquents. Ensuite, la présence d'infrastructure de maîtrise de l'eau crée des barrières physiques, ce qui restreint la connectivité de l'habitat. Enfin, la température et la qualité (turbidité, salinité, etc.) de l'eau peuvent varier.

Poissons dans les systèmes d'irrigation

La plupart des systèmes d'irrigation soutiennent la pêche dans une certaine mesure, même si la pratique s'avère généralement opportuniste. D'habitude, l'empoisonnement dépend des poissons en provenance des eaux d'approvisionnement qui entrent dans les canaux. Certaines espèces pourraient former des populations autosuffisantes en alimentation, mais cette indépendance alimentaire est limitée à des systèmes dont les conditions environnementales sont favorables (Fernando et Halwart, 2000). Il sera nécessaire de pratiquer une certaine mesure de gestion des stocks de poissons afin de maintenir des pêches plus productives et plus durables. Une telle gestion pourrait impliquer l'empoisonnement et l'introduction de nouvelles espèces, mais il existe très peu de documentation sur des expériences où de telles mesures auraient été adoptées dans les systèmes d'irrigation, à l'exception des situations où ces mesures visent principalement le contrôle de la prolifération des mauvaises

herbes par l'intermédiaire de l'empoisonnement avec la carpe herbivore (par exemple Armellina *et al.*, 1999).

L'aquaculture fournit un plus grand contrôle sur la production et sur l'accès que dans le cas des pêches de capture et voire même les systèmes à faible coût et semi-intensif pouvant produire 1 500–2 000 kg/ha/an, ce qui se compare favorablement avec les estimations pour la production à partir des pêches de capture dans les canaux. L'aquaculture en cage est fortement encouragée dans les pays du Sud et du Sud-est de l'Asie (Beveridge et Muir, 1999) comme une technologie qui peut être facilement adoptée par les populations ayant des ressources réduites. Les cages peuvent être construites à frais réduits en utilisant les matériaux disponibles en grande quantité, comme le bambou (pour la structure) les bidons en plastique (pour les flotteurs), mais la disponibilité en filets appropriés peut poser problème. Les cages ont l'avantage pour les gens qui ne disposent pas de terrain, d'être seulement propriétaire de la cage et de ses contenus, sans être obligatoirement propriétaire du plan d'eau pourvu que l'accès en soit assuré.

Une autre option est de produire des poissons dans de plus grandes structures de confinement dénommées enclos. À l'instar des cages, leurs côtés sont artificiels, mais la base est le substrat même du canal. Cela permet l'accès aux organismes benthiques, fournissant une source d'alimentation supplémentaire aux poissons. Cependant ils sont moins adaptés que les cages flottantes aux canaux dont le niveau de l'eau est très fluctuant. Les enclos peuvent être créés en clôturant toute la largeur du canal, ou bien ils peuvent être alignés le long des bords et dans ce cas ils occupent seulement une partie de la largeur du canal (Beveridge, 1996; Haylor, 1993).

Dans certaines zones de la Chine et du Sud-est de l'Asie «l'aquaculture intégrée» dans le sous-système de l'utilisation de l'eau existe depuis des générations et son introduction dans d'autres pays a retenu une attention considérable ces dernières années. De même, les possibilités et les contraintes de récolte et d'élevage des poissons dans les réservoirs du sous-système de source d'eau sont relativement bien documentées sur la base de l'expérience vécue dans d'autres pays. Cependant, les opportunités et les contraintes dans les vastes composantes des sous-systèmes de distribution de l'eau et des sous-systèmes d'écoulement des eaux usées ont été pour la plupart négligées.

Étude de cas de l'intégration de l'aquaculture et l'irrigation

En gardant à l'esprit cette mine d'informations, des recherches interdisciplinaires détaillées ont été faites entre 1998 et 2002 sur deux sites en Inde et au Sri Lanka pour examiner les possibilités et les contraintes de l'intégration de l'aquaculture dans les systèmes d'irrigation à grande échelle. Les deux sites sont situés dans des zones environnementales semi-arides et les deux sites ont un climat tropical dominé par la mousson. Il y a pénurie d'eau dans les deux sites. Les deux sites sont des systèmes d'irrigation publics, qui sont gérés par des organisations bureaucratiques importantes. Au moment où les travaux de recherche ont été entamés, les deux sites tentaient d'introduire une réforme institutionnelle visant à déléguer certaines de leurs responsabilités de gestion aux usagers de l'eau.

Site 1

Le Lower Bhavani Project (LBP) est situé dans l'état de Tamil Nadu dans le sud de l'Inde. Il s'alimente en eau dans la rivière Bhavani qui prend sa source dans la rivière Cauvery, dans les collines de Nilgiri (Nilgiri Hills). C'est un système typique sur le versant de la vallée, qui consiste en un canal suivant la courbe de niveau dont la longueur est de 200 km et qui alimente une zone de contrôle pour l'irrigation de 78 500 ha. La capacité de conception à l'amont du système est 65 m³/s avec un lit de canal 32 m de largeur et la profondeur en pleine alimentation en eau est d'environ 3 m. A l'aval, les dimensions du canal se réduisent à 4,5 m de largeur et à 1 m de profondeur. Le canal est non revêtu sur la majorité de sa longueur, avec un lit rocheux dans l'ensemble et il transporte une charge faible de sédiments. Le système a environ 50 ans.

Puisque le système souffre d'un manque d'eau, un «système saisonnier de distribution de l'eau» est appliqué. Pendant la saison sèche de l'année civile (du 16 décembre au 15 avril), l'eau est fournie par rotation pour alimenter la moitié de la zone de contrôle pour l'irrigation pour faire pousser les cultures sèches irriguées. Pendant la saison des pluies (du 15 août au 15 décembre) l'eau est «continuellement» fournie pour alimenter la même zone pour la riziculture. Pendant l'année suivante, on reprend cette formule d'alimentation en eau pour l'autre moitié de la zone de contrôle pour l'irrigation.

L'irrigation d'eau dans le canal du LBP est utilisée pour l'abreuvement du bétail, pour la

buanderie et pour la toilette aussi bien que pour l'irrigation. La recharge de la nappe phréatique dépend aussi de l'irrigation dans une grande mesure. Cependant, les statuts qui régissent l'opération du système ne reconnaissent pas les droits de l'eau des autres parties prenantes et les initiatives récentes de déléguer certaines responsabilités de gestion aux organisations des usagers de l'eau n'ont concerné que les irrigants.

Site 2

Le Système H de Mahaweli est situé dans la Province centrale du Nord dans la «zone sèche» du Sri Lanka. Ce fut le premier système développé dans le cadre du Programme de développement de Mahaweli Ganga et il est opérationnel depuis 1978. Le Système H est situé dans le bassin Kala Oya et englobe 14 200 ha d'anciennes zones irriguées et 28 750 ha de nouvelles terres développées par le projet. Il consiste en trois réservoirs principaux, dont le stockage limité est augmenté par les transferts provenant du système Mahaweli.

Il y a deux saisons de culture dans le système H. La saison Maha (octobre à mars) correspond à la mousson du nord-est et l'approvisionnement en eau est en général suffisant pour la totalité de la zone de maîtrise destinée à la riziculture. La saison Yala (avril à septembre) correspond à la Mousson du Sud-ouest, quand l'approvisionnement en eau est limité, on adopte alors un système de culture «Bethma», dans lequel seulement 50 pour cent de la superficie totale est cultivée, avec une dominance «d'autres cultures vivrières» (par exemple les cultures non rizicoles).

La caractéristique du système H est le grand nombre de réservoirs peu profonds (dénommés localement «tanks» soit citernes) éparpillés partout dans la zone de maîtrise. Ces citernes existaient avant le développement du système H. À l'origine, elles recevaient l'écoulement des eaux provenant des bassins hydrographiques locaux (normalement la forêt primaire), mais beaucoup de ces citernes sont maintenant raccordées au nouveau système d'irrigation par des canaux secondaires, tandis que les autres citernes reçoivent l'écoulement restitué de l'irrigation en plus de l'écoulement des eaux du bassin hydrographique.

Les équipes de recherche interdisciplinaire ont fait des travaux de terrain étendus dans ces deux sites sur trois domaines de recherche clés, comme suit:

Les études socioéconomiques ont porté sur une combinaison d'enquêtes quantitatives au niveau des ménages avec des études qualitatives basées sur les techniques PRA dans des villages représentatifs pour examiner:

- les caractéristiques, les stratégies de moyens de subsistance adoptées par les populations pauvres et l'importance de l'eau;
- les possibilités de l'aquaculture comme activité génératrice de revenu alternative ou supplémentaire;
- les possibilités d'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau par l'intermédiaire de l'intégration de l'aquaculture/l'irrigation.

Les études d'ingénierie ont visé à examiner les contraintes de l'intégration de l'aquaculture en cage dans les canaux d'irrigation et dans les structures secondaires de stockage (les citernes) au sein des réseaux de distribution de l'irrigation:

- les sources de données secondaires ont permis de faire des séries d'analyses fréquentielles en vue d'examiner la durée et la fiabilité des conditions appropriées de l'aquaculture;
- la collecte de données primaires a fourni une base pour l'évaluation de l'impact des cages sur l'écoulement dans le canal et sur les questions d'ancrage et d'accès aux cages;
- l'analyse des procédures d'exploitation du canal vis-à-vis de la pluviométrie et de la gestion des citernes de stockage conjointement avec les études en profondeur de gestion de l'eau ont fourni une base permettant de voir si la gestion de l'utilisation multiple est compatible avec le souci d'efficacité.

Les études aquacoles ont commencé par des consultations en profondeur avec les parties prenantes principales, où l'aquaculture en cage a été identifiée comme étant une technologie appropriée. Cela a entraîné:

- des essais sur les cages dans des sites choisis à la fois dans les canaux d'écoulement et dans les citernes;
- des enquêtes sur la nature du marché pour les poissons, particulièrement auprès des consommateurs ruraux;
- des enquêtes sur les attitudes des bénéficiaires cibles vis-à-vis de la technologie proposée et les conditions requises pour la réussite de son adoption.

Leçons pour l'intégration de l'aquaculture dans les systèmes à échelle

Opportunités

L'intervention vise à améliorer les moyens d'existence des populations pauvres en milieu rural et à favoriser la sécurité alimentaire en améliorant les vivres, l'emploi et le revenu. Nous cherchons donc à introduire et à promouvoir des technologies appropriées pour l'aquaculture dans les systèmes d'irrigation où ces technologies appropriées sont susceptibles de fournir des moyens d'existence aux populations pauvres sans léser les autres usagers de l'eau. La figure 2 montre un cadre général pour l'évaluation. Dans le passé, les populations pauvres écartées ont été pour la plupart en matière de développement de l'aquaculture et par conséquent il est nécessaire d'examiner soigneusement leurs besoins spécifiques. Il n'est pas du tout certain que l'introduction des technologies aquacoles à petite échelle contribuera à la réduction de la pauvreté. Il pourrait exister de meilleurs moyens pour les populations pauvres d'utiliser ces ressources limitées. Une question clé se pose à présent:

- Est-ce qu'il y a des possibilités pour les activités aquacoles de fournir davantage de moyens d'existence aux populations pauvres?

Après avoir établi le fait qu'il y aurait une demande potentielle parmi le groupe cible, l'élément suivant à examiner est de voir s'il existe des mécanismes appropriés pour y introduire des technologies appropriées. Dans un contexte plus large de développement agricole, on critique fréquemment le transfert traditionnel de technologie basé sur la formation et les démonstrations. L'approche alternative l'agriculteur d'abord ou l'approche participative essaie d'assurer la pertinence de la technologie en fournissant des options et des idées et en renforçant les capacités afin de les évaluer et prendre des décisions fondées sur la connaissance des faits. Une autre question clé apparaît:

- Est-ce qu'il existe des technologies appropriées et peut-on les mettre à la disposition des populations pauvres?

Ensuite, il sera nécessaire d'éliminer les obstacles techniques et institutionnels qui pourraient affecter la réussite de l'adoption des technologies appropriées par le groupe cible. Cela exige une

étude des opportunités et des contraintes dans le système d'irrigation. L'objectif est d'identifier les sites (niches) favorables où l'environnement convient à l'aquaculture et où son introduction n'aura aucun impact défavorable sur l'intégrité du système d'irrigation ou sur les autres usagers de l'eau. Une nouvelle question se pose:

- Est-ce que les niches qui conviennent existent dans le système d'irrigation où elles peuvent être introduites?

Il est clair que le choix des niches qui pourraient être disponibles pour l'aquaculture dépend de la nature du système d'irrigation et les opportunités dans chaque sous-système doivent être évaluées systématiquement. On pourra très bien comprendre la situation en tenant compte des quatre composantes de sous-systèmes précédemment définis (voir figure 1). On pourra alors identifier les opportunités éventuelles de niche pour l'aquaculture qui pourraient exister dans chaque sous-système, comme le résume le tableau 1. Cet exposé se concentre sur les niches dans le système de distribution de l'eau.

En général, il y aura la plus grande diversité dans les systèmes rizicoles des terres basses tropicales, certaines niches peuvent probablement être identifiées dans tous les systèmes d'irrigation. Les conditions qui prédominent dans les différentes niches doivent être examinées soigneusement, étant donné que ces conditions sont susceptibles de susciter différentes contraintes. Les différences clés sont:

- eau stockée (étangs et réservoirs) par rapport à l'écoulement de l'eau (canaux et drains);
- conditions en amont (bonne qualité d'eau) par opposition aux conditions en aval (qualité dégradée);
- contrôle individuel (propriétaire privé) par rapport au contrôle partagé (accès ouvert).

Contraintes

La production piscicole présente pour les responsables des systèmes un défi bien plus grand à relever que l'irrigation, car la continuité de l'approvisionnement doit être garantie durant la période d'élevage. Alors que le rendement des cultures ne sera pas affecté par une alimentation discontinue en eau à cause du stockage tampon dans le sol, les poissons ne survivront à aucune interruption de l'alimentation. Dans le cas du LBP, la durée de la saison des pluies (4 mois) était

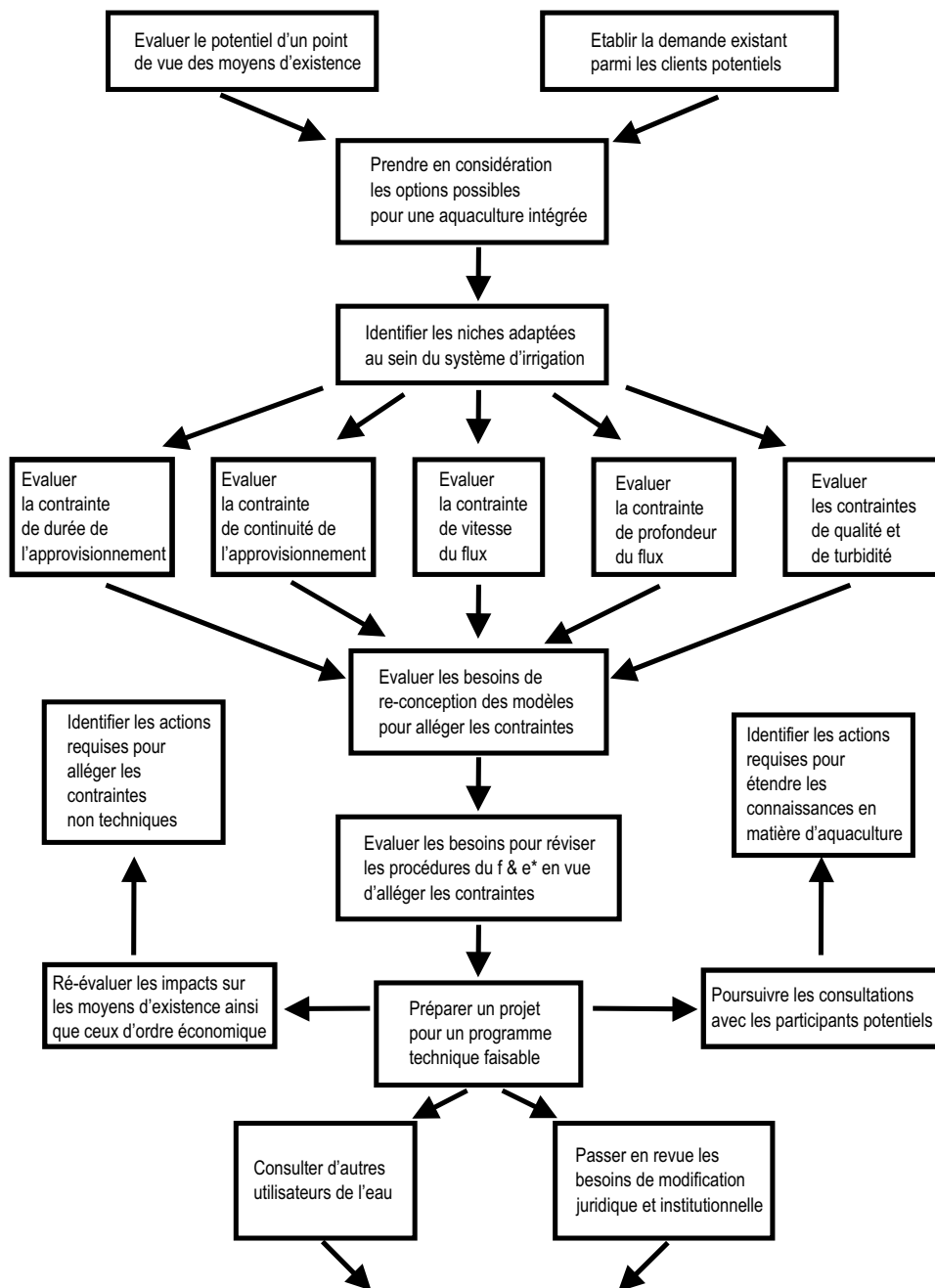


Figure 2. Cadre pour l'évaluation des opportunités et des contraintes.

suffisante pour permettre une culture aquacole de court cycle, mais la fiabilité constituait un problème pendant 10 saisons sur les 12 étudiées (Li, Gowing and Mayilswami, 2005). La fiabilité de l'alimentation en eau est une contrainte cruciale en matière d'intégration de l'aquaculture. Elle est soumise aux difficultés inhérentes à l'exploitation de vastes systèmes de canaux sous contrôle en amont parce que :

- les longs canaux de distribution d'eau répondent lentement aux ajustages

opérationnels (plus de 5 jours de temps de réponse au bout du canal du LBP de 200 km de long);

- la pluviosité peut varier considérablement sur zone de contrôle pour l'irrigation étendue, ce qui entraîne des problèmes dans l'interprétation des données disponibles et dans la détermination de l'action appropriée;
- La communication entre le personnel des opérations constitue une contrainte qui risque d'empirer pendant les périodes critiques de forte pluviométrie.

La fiabilité des conditions qui conviennent à l'aquaculture dépend des décisions de conception et d'exploitation qui influent sur la continuité d'approvisionnement en eau et/ou de stockage de l'eau, comme :

- Quel type de structure régulatrice choisir? (le type déversoir est préférable) quelle espace laisser entre les régulateurs? Quelles sont leurs règles d'exploitation?
- Est-ce que le stockage secondaire est fourni dans le sous-système de distribution de l'eau? Est-ce qu'il est géré activement ou est-ce qu'il reçoit simplement l'écoulement restitué du drainage? Quelles sont les règles d'exploitation?

La profondeur d'écoulement dans les canaux d'irrigation se situe typiquement dans la gamme de 0 à 3 mètres, alors que la vitesse est d'habitude dans la gamme de 0,1 à 1,0 m/s. Ces facteurs sont très importants pour :

- la survie et la croissance des poissons;
- l'accès permettant l'alimentation, la gestion/ la récolte des poissons.

La fourchette souhaitable de vitesse dépend des espèces et de la taille des poissons. Le bon échange d'eau est essentiel à la fourniture d'oxygène et à l'enlèvement des métabolites inutilisés des poissons. Si la vitesse est trop lente, cela présente un problème. Mais un débit excessif réduit le taux de croissance des poissons et contribue à des pertes d'aliments. Une fourchette de 0,1 à 0,6 m/s est généralement suffisante, bien que le niveau supérieur de cette fourchette puisse créer des problèmes avec l'ancrage des structures d'endiguement. Si l'accès dépend du pataugeage ou de la natation, alors le niveau inférieur de la fourchette sera plus sûr.

Lorsque la vitesse d'écoulement est trop élevée, il est possible de concevoir une structure d'endiguement des poissons de

manière à restreindre la vitesse à l'intérieur de la structure (Li, Gowing et Mayilswami, 2005). La conséquence de cette action est que la pression sur les ancrages augmentera et la résistance de l'écoulement augmentera aussi. La documentation limitée sur l'expérience aquacole dans les systèmes d'irrigation contient certains cas de développement incontrôlé de l'aquaculture qui entravent les performances des canaux. Par conséquent, il est nécessaire d'examiner soigneusement :

- l'impact probable sur la capacité de transport de l'eau par voie du canal et sur la performance opérationnelle;
- l'empêchement éventuel des activités d'entretien.

Toute cage ou tout enclos provoque une résistance supplémentaire à l'écoulement et cela a un effet sur le transport de l'eau dans le canal. La question est de savoir si cela représente une obstruction grave ou si les cages peuvent être conçues et installées de manière à leur permettre d'avoir une influence négligeable sur le niveau de l'eau du canal et sur sa capacité d'écoulement. La performance hydraulique de toute cage (ou de tout enclos) est essentiellement la même. L'écoulement de l'eau à travers une maille de filet impose une force de résistance sur la maille, ce qui entraîne une réduction de la vitesse sur le côté en aval de la maille.

La gamme de profondeur désirable dépend essentiellement du type de structure d'endiguement des poissons. Les enclos et certaines cages sont conçus pour être installés sur le fond. Le volume véritable (et donc la densité d'empoissonnement) varie selon la profondeur d'écoulement et en général les structures fixes sont déconseillées si la profondeur d'eau varie. Il s'agit d'un problème particulier si la structure est située sur le côté du canal et si elle n'utilise pas la profondeur totale. La variation de la profondeur n'est pas importante dans les cages flottantes,

Tableau 1. Opportunités de niche pour l'aquaculture dans les sous-systèmes d'irrigation.

Sous-système	Niche	Technologie aquacole
Source d'eau	Barrage de stockage	Cages flottantes, pêche stockée
	Puits à ciel ouvert	Empoisonnement
Débit de l'eau	Canaux primaires	Enclos, cages
	Stockage secondaire	Cages flottantes, pêche stockée
Usage d'eau	Ferme d'étangs	Stockage
	Terrains irrigués	Rizipisciculture intégrée
Évacuation de l'eau	Drains primaires	Enclos, cages
	Bassins d'évaporation	Cages flottantes, pêche stockée

l'accès devient difficile si la profondeur dépasse 1,2 m et la profondeur de l'eau doit toujours être plus grande que la hauteur de la cage.

Le choix du site pour l'installation de cages peut changer considérablement l'influence sur le canal l'approche générale recommandée est de réglementer leur installation et de contrôler leur impact. Les problèmes risquent d'être plus grave dans un système de canal situé sur un minimum de pente, car l'effet de l'augmentation de la résistance à l'écoulement sera de faire monter le niveau de l'eau en amont, ce qui pourrait affecter la performance des points d'enlèvement et/ou pourrait entraîner la submersion. En ce qui concerne un canal construit sur un alignement plus raide des ouvrages de chute à intervalles permettant de dissiper l'excès d'énergie, d'où l'opportunité plus grande pour installer des cages/enclos sans affecter la performance. Dans les deux cas, la hausse de la résistance hydraulique ne doit pas être plus grave que le problème périodique de mauvaises herbes qui poussent. Tous les sites, où ce problème particulier apparaît et affecte la performance du canal, doivent être exclus des choix pour l'installation des cages et/ou des enclos.

Les cages sont normalement plus petites que la largeur du canal, mais elles peuvent être placées au milieu du courant ou le long du bord. Lorsqu'une cage/un enclos occupe moins de 25 pour cent de la largeur du canal, qu'elle/il est situé(e) près du bord, le courant dévient partiellement autour de l'obstruction et son effet sera relativement réduit.

Tout site de stockage dans le système d'irrigation entraîne le développement d'une niche potentiellement plus favorable par rapport au reste du canal. Les contraintes de durée et de fiabilité seront fortement réduites, rendant ainsi l'entreprise moins risquée pour les bénéficiaires cibles. Parallèlement, l'impact sur la performance hydraulique est négligeable, rendant ainsi l'introduction de l'aquaculture moins problématique pour les responsables des systèmes. Dans ce contexte, nous ne sommes pas concernés par chaque grand réservoir qui pourrait exister dans le sous-système de source d'eau. Nous sommes plutôt intéressés par les opportunités de niche dans toutes les structures fournissant un stockage à court terme et relativement éparpillé à travers le sous-système de distribution de l'eau. Ces structures pourraient être:

- les réservoirs de stockage de nuit (typiquement 12–16 heures de stockage);
- les réservoirs de stockage secondaires (typiquement 10–20 jours de stockage).

Le travail dans le cadre du projet de recherches s'est concentré sur les réservoirs de stockage secondaires (dénommés localement «tanks» soit «citernes»), qui recevaient l'eau provenant du système de canal aussi bien que l'écoulement des eaux pluviales provenant d'un bassin hydrographique local et les eaux fournies vers une zone de contrôle pour l'irrigation distincte en aval. Leurs caractéristiques principales se présentaient comme suit (Gowing, Li et Gunawardena, 2004):

- faible profondeur (<3m);
- fluctuations fréquentes et rapides du niveau de l'eau;
- courte période de rétention (renouvellement rapide).

On peut formuler l'hypothèse que chaque structure de stockage secondaire fera preuve d'un comportement similaire, étant donné que sa fonction est de servir de tampon pour les variations d'écoulement sur une courte période de temps. Ces réservoirs peu profonds provoquent de grandes variations dans la zone de distribution d'eau au fur et à mesure que le niveau d'eau fluctue, ce qui contraint fortement le choix des sites pour les cages/enclos. L'amélioration des procédures d'exploitation peut réduire ce problème, mais on ne peut l'éviter. Parallèlement, le débit de renouvellement peut être réduit, le temps de rétention sera toujours assez court (typiquement 20 jours) limitant ainsi la productivité primaire et par conséquent, les possibilités de pêche seront limitées.

Conclusions

Une perception courante est que les systèmes d'irrigation fournissent l'eau seulement aux grandes cultures, mais la réalité est beaucoup plus compliquée. Le fait de reconnaître de plus en plus les usages multiples de l'eau dans de nombreux systèmes d'irrigation établis a suscité beaucoup d'autres usages productifs et non-productifs. L'aquaculture est une activité qui dépend de l'eau, ce qui est productif, mais l'activité ne gaspille pas l'eau et par conséquent, en principe, elle ne fait pas concurrence à l'irrigation. Cependant, les opportunités et les contraintes de son intégration dans les systèmes d'irrigation ont reçu très peu d'attention.

Dans les systèmes d'irrigation formels à grande échelle, nous pouvons identifier quatre sous-systèmes fonctionnels: source d'eau, distribution de l'eau, utilisation de l'eau et le drainage des eaux usées. Il pourrait exister

des opportunités permettant d'incorporer l'aquaculture dans chacun de ces sous-systèmes, mais cet exposé s'est concentré sur les canaux et sur les bassins de stockage dans le système de distribution et en particulier sur les opportunités de l'introduction des technologies appropriées visant les besoins des populations pauvres. L'objectif est d'identifier les sites (niches) favorables où l'environnement convient à l'aquaculture et où son introduction n'aura aucun impact défavorable ni sur l'intégrité du système d'irrigation ni sur les autres usagers de l'eau.

Les conditions qui prédominent dans les différentes niches doivent être évaluées soigneusement, étant donné qu'elles sont susceptibles de susciter différentes contraintes. Les systèmes formels à grande échelle, en général, sont censés fournir la maîtrise totale de l'eau, mais l'aquaculture présente un défi à relever pour les responsables des systèmes beaucoup plus grand que l'irrigation dans la mesure où la continuité de fourniture d'eau doit être garantie pendant la durée de la période d'élevage. Alors que le rendement des cultures ne sera pas frappé par la fourniture discontinue de l'eau à cause du stockage tampon dans le sol, les poissons ne survivront à aucune interruption de l'alimentation en eau. La nécessité d'assurer la stricte continuité de fourniture d'eau pourrait entraîner une efficacité réduite de l'utilisation de l'eau, particulièrement pendant la saison des pluies. Tout site de stockage dans le système d'irrigation est susceptible de représenter une niche potentiellement beaucoup plus favorable par rapport à tout site de canal, mais les problèmes demeurent toujours.

Les canaux d'irrigation fournissent les conditions d'écoulement, qui pourraient présenter moins de problèmes en matière de la qualité de l'eau que les problèmes que l'on rencontre dans les bassins de stockage. Cependant, la température et la qualité (turbidité, salinité, etc.) de l'eau pourraient être très différentes de ces mêmes caractéristiques qui se manifestent dans les rigoles naturelles. Les écoulements restitués provenant des terres agricoles pourraient avoir une grande teneur de produits agrochimiques et dans certains cas, les eaux usées industrielles pourraient aussi provoquer une détérioration considérable de la qualité de l'eau.

Les institutions de gestion locales existent ou sont actuellement en train d'être créées dans de nombreux systèmes d'irrigation à grande échelle, mais les usagers de l'eau engagés dans d'autres activités que l'irrigation y sont généralement faiblement représentés, voire absents. Par conséquent, les questions portant

sur les droits de l'eau, sur l'accès à l'eau et sur les aspects de redevance doivent être examinées soigneusement pour promouvoir la gestion de l'utilisation multiple de l'infrastructure d'irrigation.

Remerciements

L'auteur tient à remercier l'agence du Royaume-Uni pour le développement international (DFID) d'avoir financé en partie le travail dont le rapport est fait dans le présent document en faveur des pays en développement. Les commentaires et les opinions exprimés dans ce rapport n'engagent que l'auteur et ne représentent donc pas forcément l'avis du DFID.

Références

- Armellina, A., Dall, A., Bezic, C.R. & Gajardo, O.A.** 1999. Submerged macrophyte control with herbivorous fish in irrigation canals of semi-arid Argentina. *Hydrobiologia* 415: 265–269.
- Bakker, M. & Matsuno, Y.** 2001. A framework for valuing ecological services of irrigation water. *Irrigation and Drainage Systems* 15: 99–115.
- Beveridge, M.** 1996. *Cage aquaculture* (2nd Edition). Oxford, Fishing News Books.
- Beveridge, M. & Muir, J.F.** 1997. Environmental impacts and sustainability of cage culture in Southeast Asian lakes and reservoirs. Dans W. van Densen, T. Saidin & M. Verdegem, eds. *Ecological aspects of fish production in S.E. Asian lakes and reservoirs*. Wageningen (The Netherlands), Wageningen University.
- Coates, D.** 1984. A survey of the fish fauna of Sudanese irrigation systems with reference to the use of fishes in the management of ecological problems. *Fisheries Management* 15(3): 81–96.
- Fernando, C.H. & Halwart, M.** 2000. Possibilities for the integration of fish farming into irrigation systems. *Fisheries Management and Ecology* 7: 45–54.
- Gowing, J.W.** 2003. Food security for sub-Saharan Africa: does water scarcity limit the options? *Land Use and Water Resources Research* 3: 2.1–2.7 (disponible à www.luwrr.com).
- Gowing, J.W., Li, Q. & Gunawardena, T.** 2004. Multiple-use management in a large irrigation system: benefits of distributed secondary storage. *Irrigation & Drainage Systems* 18(1): 57–71.

- Halls, A.S., Hoggarth, D.D. & Debnath, K.** 1999. Impacts of hydraulic engineering on the dynamics and production potential of floodplain fish populations in Bangladesh. *Fisheries Management and Ecology* 6(4): 261–285.
- Hamdy, A., Ragab, R. & Scarascia–Mugnozza, E.** 2003. Coping with water scarcity; water saving and increasing water productivity. *Irrigation and Drainage* 52: 3–20.
- Haylor, G.S.** 1993. Fish production from engineered waters in developing countries. Dans J.E. Muir & Roberts R.J., éds. *Advances in Aquaculture V*: 1–103. London, Blackwell.
- Javid, M.Y.** 1990. Aquaculture development in Pakistan. Dans M. Mohan Joseph, éd. *Aquaculture in Asia*. Mangalore, Asian Fisheries Society, Indian Branch.
- Li, Q., Gowing, J.W. & Mayilswami, C.** 2005. Multiple-use management in a large irrigation system: an assessment of technical constraints to integrating aquaculture within irrigation canals. *Irrigation and Drainage* 54(1): 31–42.
- Meinzen–Dick, R. & Bakker, M.** 2001. Water rights and multiple water uses – framework and application to Kirindi Oya irrigation system, Sri Lanka. *Irrigation and Drainage Systems* 15: 129–140.
- Meinzen–Dick, R. & Van der Hoek, W.** 2001. Multiple uses of water in irrigated areas. *Irrigation and Drainage Systems* 15: 93–98.
- Molden, D., Rijsberman, F., Matsuno, Y. & Amarasinghe, U.A.** 2001. Increasing the productivity of water: a requirement for food and environmental security. *Dialogue Working Paper 1*, Colombo, Sri Lanka, International Irrigation Management Institute.
- Redding, T.A. & Midlen, A.B.** 1991. Fish production in irrigation canals: a review. *FAO Fisheries Technical Paper* 317. Rome, FAO.
- Sadek, S. & El Din, S.** 1988. *Aquaculture development in Egypt*. Cairo, General Authority for Fish Resource Development.
- Seckler, D., Amarasinghe, U., Molden, D., de Silva, R. & Barker, R.** 1998. World water demand and supply, 1990–2025: scenarios and issues. Research Report 19. Colombo, Sri Lanka, International Irrigation Management Institute.
- Swingle, H.S.** 1972. Relationship of the Thai fish culture programme to the production of fish in the Lower Mekong area. Santa Barbara (California), SEADAG Mekong Development Seminar, 3–5 February 1972.
- Tapiador, D.D., Henderson, H.F, Delmendo, M.N. & Tsutsui, H.** 1977. Freshwater fisheries and aquaculture in China. *FAO Fisheries Technical Paper* 168. Rome, FAO.
- Petr, T. & Mitrofanov, V.P.** 1998. The impact on fish stocks of river regulation in Central Asia and Kazakhstan. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 3: 143–164.

PISCICULTURE COMMUNAUTAIRE DANS LES PLAINES INONDABLES SAISONNIÈRES

Mark Prein et Madan M. Dey
Centre mondial de recherche sur les poissons (WorldFish Center)
GPO Box 500, 10670 Penang, Malaisie

Prein, M. & Dey, M.M. 2006. Pisciculture communautaire dans les plaines inondables saisonnières. Dans M. Halwart & A.A. van Dam (éds). *Intégration de l'irrigation et de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest: concepts, pratiques et perspectives d'avenir*. Rome, FAO. pp. 19–28.

Résumé

Pendant la saison des pluies dans les vastes plaines inondables et dans les basses terres des deltas, les inondations qui durent plusieurs mois rendent les terres indisponibles pour la culture agricole durant plusieurs mois chaque année. Les eaux sont considérablement sous-exploitées en matière de gestion de productivité aquatique. Cela présente l'opportunité de clôturer certaines parties de ces zones inondées pour l'élevage d'organismes aquatiques spécifiquement stockés en dehors des espèces «sauvages» indigènes sont traditionnellement pêchés dans ces périmètres et qui ne sont pas affectées par l'activité d'élevage. Le résultat global est une production alimentaire de plus haute qualité, une alimentation contenant des substances nutritives denses et une amélioration des revenus agricoles pour toutes les parties prenantes, notamment les pauvres. Le centre mondial de recherche sur les poissons (WorldFish Center) et ses partenaires nationaux ont récemment fait des essais de rizipisciculture simultanée dans des zones moins inondées et en alternant la riziculture et la pisciculture dans les zones très inondées du Bangladesh et du Viet Nam par l'intermédiaire d'un système de gestion communautaire. Les résultats montrent que la pisciculture communautaire dans les rizières peut augmenter la production piscicole d'environ 600 kg/ha/an dans les zones moins inondées et jusqu'à 1,5 tonnes/ha/an dans les zones très inondées, sans réduire le rendement rizicole ni la pêche des poissons sauvages.

Introduction

Depuis cette dernière décennie, on reconnaît de plus en plus la crise qui frappe le monde entier en matière de ressources d'eau et la nécessité d'adopter une action concertée permettant d'utiliser cette ressource de façon plus efficace. L'efficacité de l'utilisation de l'eau (ou la productivité de l'eau) peut être augmentée en produisant plus par unité d'eau utilisée, ou en réduisant les pertes d'eau, ou en adoptant ces deux actions. Jusqu'à présent, les stratégies visant l'accroissement des résultats sont limitées uniquement aux cultures. La productivité de l'eau, à plusieurs niveaux organisationnels, peut être augmentée davantage en intégrant l'élevage des poissons et d'autres ressources aquatiques biologiques dans les systèmes d'utilisation d'eau existants. Ces opportunités d'intégration incluent la pisciculture communautaire dans les systèmes d'irrigation et dans les plaines inondables saisonnières.

Diverses études montrent que les réservoirs et les canaux des systèmes d'irrigation ne cessent de produire des rendements piscicoles

substantiels, constituant des sources importantes de protéines et de moyens d'existence pour les familles pauvres et qui ne sont pas propriétaires de terrain. Or, l'utilisation actuelle des systèmes d'irrigation et des plaines inondables pour la production piscicole est très inférieure aux possibilités qui existent. Dans les plaines inondables saisonnières, la production piscicole émane essentiellement des activités de capture par des pêcheurs-cultivateurs saisonniers ou à temps partiel aux endroits où les poissons sauvages entrent sur les terres inondées, se reproduisent et sont récoltés. Dans les plaines inondables cambodgiennes, la valeur des poissons pris par nasses dans les rizières représente 37 à 42 pour cent de la valeur de la production rizicole (Gregory et Guttman, 1996; Guttman, 1999).

Un certain nombre d'études ont été faites dans les années 80 pour un essai de la faisabilité technique de l'élevage de poissons dans les rizières des plaines inondables saisonnières en Inde (Roy *et al.*, 1990; Das *et al.*, 1990; Mukhopadhyay *et al.*, 1991), Bangladesh (Ali *et al.*, 1993, Ali *et al.*, 1998), Cambodge (Gregory et Guttman, 1996; Guttman, 1999, 2000), et Viet Nam

Figure 1. Evolution du système de production dans les zones inondables



Meilleur système traditionnel (jusqu'en 1970)

Cultures intermédiaires: légumineuses, moutarde



(Rothuis *et al.*, 1998a; Rothuis *et al.*, 1998b). Ces études montrent que la production piscicole peut être augmentée de plus de 1 tonne/ha/an en empoissonnant les rizières inondées (c'est-à-dire les riziculteurs à titre individuel clôtrent leurs lots de terrains pour l'empoissonnement pendant la saison d'inondation). En outre, l'élevage des poissons dans les rizières peut augmenter les rendements rizicoles, notamment sur les sols plus pauvres et dans les cultures non fertilisées où l'effet de fertilisation par les poissons est très élevé (Halwart, 1998). Les économies faites en matière de pesticides et les recettes de la vente de poissons entraînent une augmentation des rendements, aboutissant à des revenus nets qui sont de 7 à 65 pour cent plus élevés que les résultats de la monoculture rizicole (Halwart, 1998). Cependant, l'adoption de cette technologie par les riziculteurs est très lente en raison du coût élevé des matériaux pour la clôture des lots de terrains individuels.

Récemment, le centre mondial de recherche sur les poissons (WorldFish Center) a établi une nouvelle approche au Bangladesh et au Viet Nam, où l'élevage de poissons est pratiqué collectivement pendant la saison des inondations et le même terrain est consacré à la riziculture

à titre individuel pendant la saison sèche. Les résultats des essais initiaux montrent en plus un coût de production rizicole de moins de 10 pour cent et un résultat net de production piscicole de 400 \$EU/ha dans les plaines inondables du Gange et du Meghna (Bangladesh), 340 \$EU/ha dans le delta du fleuve rouge (Red River Delta au Viet Nam), et 220 \$EU/ha dans le delta du Mékong (Viet Nam). D'une façon significative, ces avantages ont été obtenus sans réduire la pêche aux poissons sauvages, qui comprennent essentiellement les petites espèces indigènes (SIS). Les recettes élevées de la vente des poissons étaient partagées entre les membres du groupe en fonction d'un accord de partage qui avait été négocié au préalable entre les membres du groupe au début de la saison. Les gains pour ceux qui ne disposent pas de terrain se présentaient sous forme de revenu en liquide, ce qui était un avantage considérable, étant donné le fait qu'ils n'avaient aucune alternative pour générer des revenus.

Il y a de nombreuses options permettant d'accroître la production alimentaire à partir des poissons dans les systèmes aquatiques gérés. La technologie la plus appropriée varie d'un pays à l'autre et d'un site à l'autre. En outre,

Figure 2. Évolution du système de production dans les zones inondables



Terre modérément inondable:
Riz suivi par riz flottant (1980...)

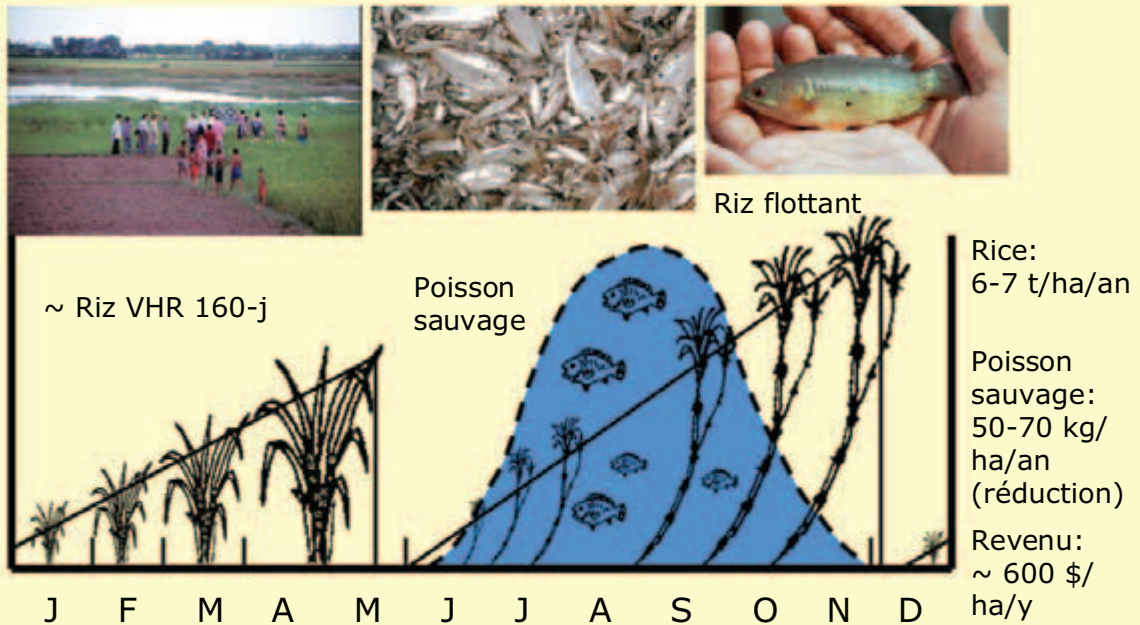


Figure 3. Evolution du système de production dans les zones inondables



Terre profondément inondable:
VHR - «Révolution verte» suivie de jachère (1980-1990)

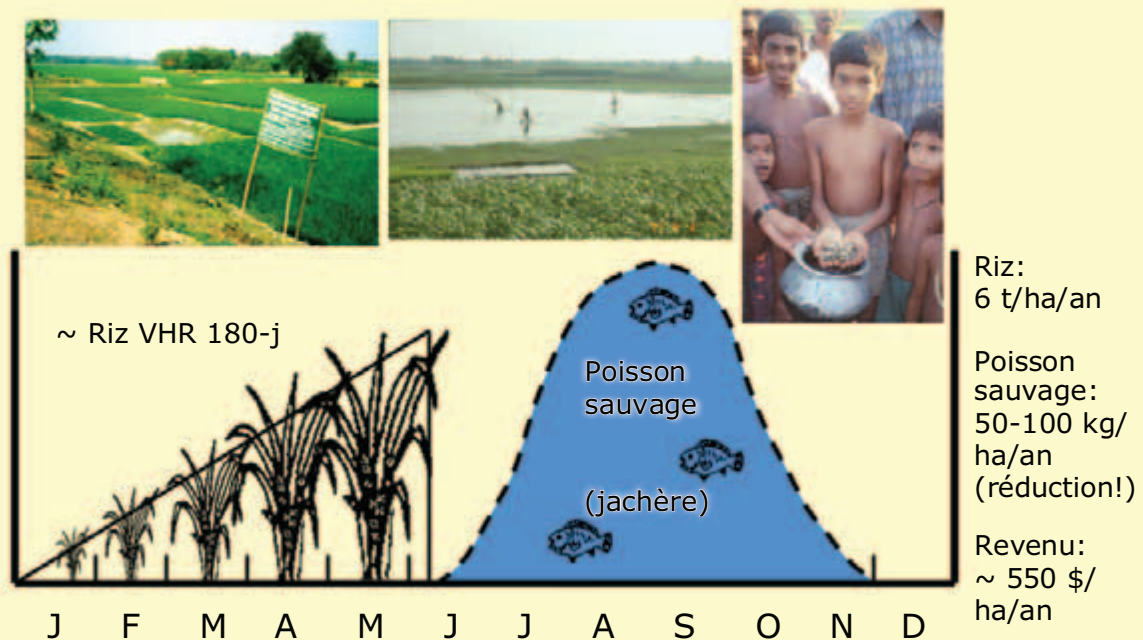


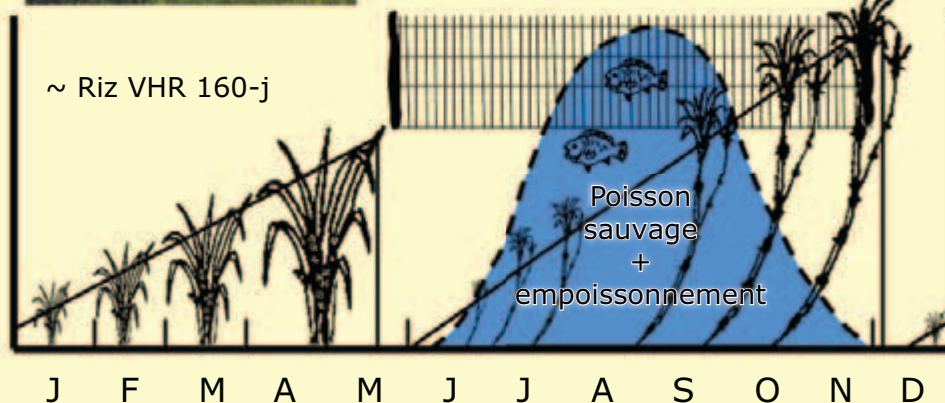
Figure 4. Evolution du système de production dans les zones inondables



Terre modérément inondable:
Riz suivi de riz flottant + poisson (2000...)



Riz flottant



~ Riz VHR 160-j

Riz:
6-7 t/ha/an

Poisson
sauvage:
50-70 kg/
ha/an

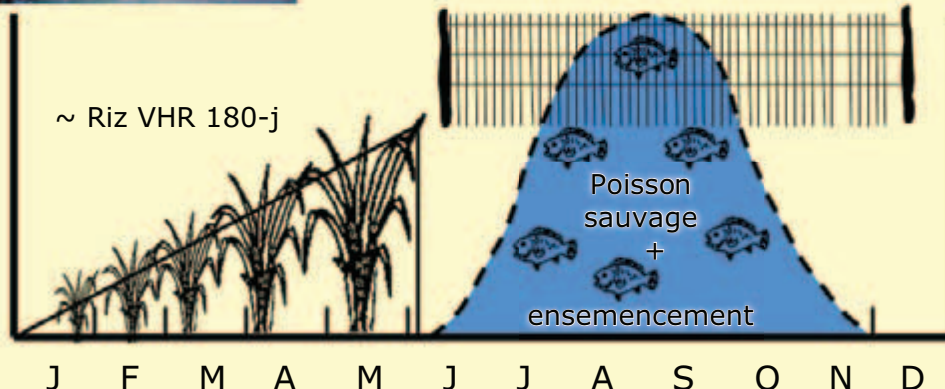
Empoisson-
nement:
600 kg/ha/an

Revenu:
~ 770 \$/
ha/an

Figure 5. Évolution du système de production dans les zones inondables



Terre profondément inondable: Riz suivi par poisson (2000 ...)



~ Riz VHR 180-j

Riz:
6 t/ha/an

Poisson
sauvage:
150-200 kg/
ha/an

Empoisson-
nement:
0.5-1.5 t/
ha/an

Revenu:
1 000 \$/
ha/an

les conditions sociales et économiques dans lesquelles ces technologies peuvent être mises en œuvre doivent être comprises. Bien que nos études récentes au Viet Nam et au Bangladesh aient démontré la faisabilité des systèmes de pisciculture communautaire, il est nécessaire d'œuvrer davantage pour permettre de comprendre la viabilité sociale et économique de ces approches dans les différents environnements socioculturels et institutionnels, et de concevoir les arrangements institutionnels appropriés pour les différents cadres sociaux. Parallèlement, les arrangements de gouvernance pour l'élevage des poissons dans les systèmes d'irrigation (canaux, terrains, réservoirs) exigent aussi des analyses détaillées si l'on veut exploiter la valeur sociale totale de ces ressources.

Au niveau de l'écosystème ou du bassin, l'eau fournit un grand choix de biens et de services, qui doivent tous être examinés dans des analyses plus étendues en matière de valeur obtenue de l'eau. La plupart des études précédentes sur la productivité de l'eau se sont concentrées uniquement sur la mesure de la valeur des cultures agricoles et ont exclu les contributions existantes et potentielles des ressources aquatiques biologiques. Par conséquent, il est nécessaire non seulement d'accroître la productivité de l'eau, mais aussi d'améliorer les méthodologies permettant de mesurer la productivité de l'eau.

Évolution du système de production des plaines inondables

Les pratiques agricoles dans l'écosystème prédisposé aux inondations sont régies par un certain nombre de facteurs physiques interagissant, dont les principaux sont le régime des inondations (début, profondeur, décrue et variabilité), la topographie, la pluviométrie, la texture du sol et le type de gestion de l'eau. Traditionnellement, les agriculteurs cultivaient le riz et pêchaient les poissons dans les plaines très inondées pendant la saison des pluies/inondations et par la suite ils cultivaient un grand choix de cultures (telles que légumes à gousse, graines oléagineuses et légumes) pendant la saison sèche après les inondations (figure 1). Dans les plaines inondables du Gange (Bangladesh et à l'Est de l'Inde), les agriculteurs obtenaient au maximum 2 tonnes de riz traditionnel et environ 200 kg de poissons sauvages par hectare et par an, avec en moyenne un revenu d'environ 300 \$EU par hectare et par an.

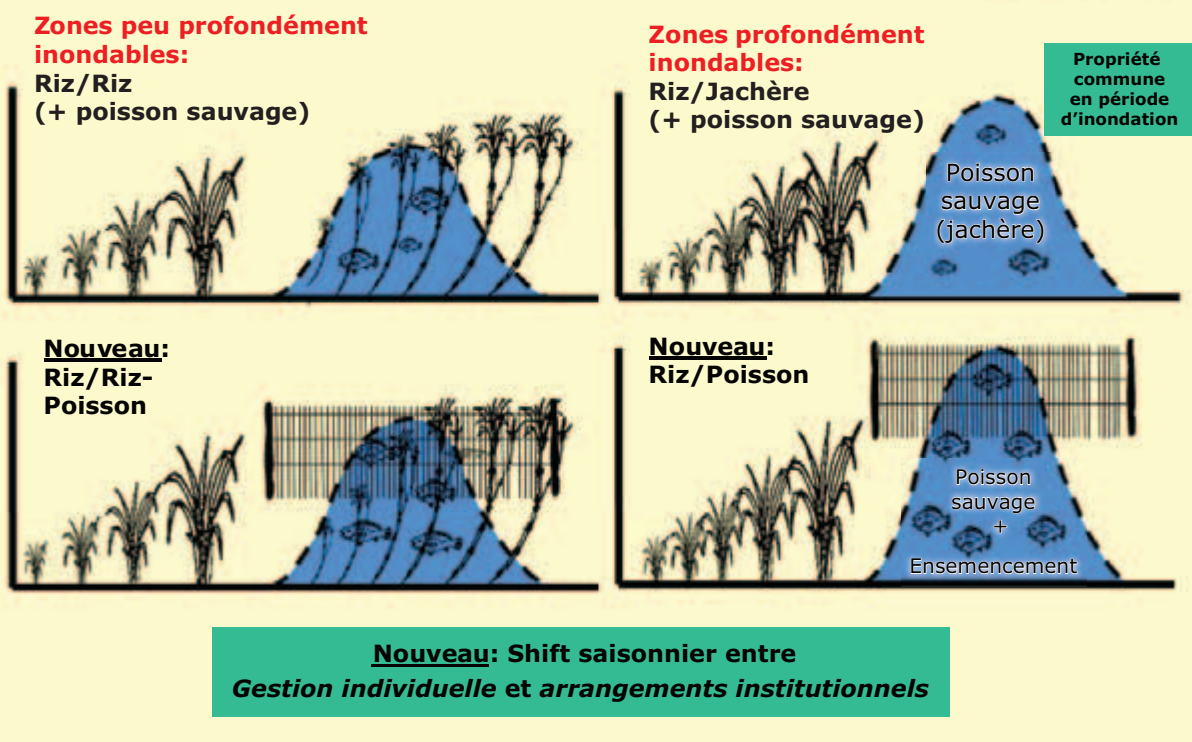
Pendant ces dernières décennies, les écosystèmes prédisposés aux inondations en Asie ont connu des changements spectaculaires

en raison de l'établissement de puits profonds (par exemple, au Bangladesh et à l'Est de l'Inde) et de la construction de systèmes de contrôle des inondations, de drainage et d'irrigation (Flood Control Drainage and Irrigation – FCDI). Grâce à la disponibilité d'équipements d'irrigation, les agriculteurs cultivent des variétés de riz à fort rendement (VFR) en saison sèche dans des conditions irriguées. Dans les plaines inondables du Gange le régime agricole qui prédomine dans les zones moins inondées est le riz VFR irrigué pendant la saison sèche suivi des variétés de riz des plaines très inondées repiquées pendant les saisons sèches (figure 2), tandis que le régime qui prédomine dans les zones très inondées est la monoculture de riz VFR irriguée (figure 3). La récolte tardive du riz VFR de saison sèche (hiver) ne permet pas l'établissement opportun du riz d'eau profonde dans les zones très inondées pendant la saison pluvieuse.

Dans les zones moins inondées dans le delta du fleuve rouge (Red River Delta dans le nord du Viet Nam), les agriculteurs en général cultivent le riz à fort rendement irrigué pendant la saison sèche, et une variété locale poussant très haut ou à fort rendement pendant la saison pluvieuse. Dans le delta du Mékong dans le sud du Viet Nam, où les rizières sont aussi très inondées pendant la saison des pluies, deux récoltes de variétés de riz irrigué à fort rendement sont pratiquées, tout en laissant une période d'inondation en jachère entre les deux récoltes. Bien que l'introduction de la technologie de la «révolution verte» basée sur l'irrigation ait augmenté la production rizicole totale dans les zones prédisposées aux inondations (d'environ 2 tonnes/ha/an à environ 6-7 tonnes/ha/an), la récolte des poissons sauvages dans les rizières inondées a baissé considérablement (de 200 kg/ha/an à moins de 100 kg/ha/an).

Une opportunité d'augmenter davantage la production dans l'écosystème prédisposé aux inondations existe avec l'intégration de l'élevage de poissons en même temps que la riziculture. Les zones prédisposées aux inondations sont inondées selon la saison pendant la mousson et elles demeurent submergées de 4 à 6 mois. Dans ces zones prédisposées aux inondations, la possession du terrain est établie en fonction des arrangements fonciers pendant la saison sèche. Mais pendant les inondations de la saison des pluies, les possessions de terres à titre individuel ne sont pas visibles et les eaux sont une propriété communautaire permettant à tous les membres l'accès aux poissons dans toutes les zones de la communauté. Par conséquent, il est essentiel que l'activité de rizipisciculture dans l'écosystème prédisposé aux inondations soit

Figure 6. Plaines inondables saisonnières: deux options pour l'amélioration des systèmes de production à travers l'aquaculture communautaire



comprise par la communauté rurale dans une approche communautaire. Le groupe doit inclure ceux qui ne possèdent pas de terrain et qui ont traditionnellement eu accès aux zones inondées pour leurs activités de pêches, mais qui perdraient cette ressource essentielle si on leur refusait l'accès parce que les zones sont empoissonnées.

En général, trois types de systèmes de rizipisciculture peuvent être établis dans les zones prédisposées aux inondations: (i) la culture simultanée du riz en eaux profondes (avec tolérance¹ de submersion) avec empoissonnement pendant la saison des inondations, suivie du riz de saison sèche dans les zones moins inondées; (ii) la culture simultanée du riz en eaux profondes (avec capacité² d'allongement) avec empoissonnement pendant la saison des inondations, suivie des cultures non rizicoles

¹ Variété de riz utilisé dans les zones moins ou modérément inondées où les jeunes plantes tolèrent la submersion totale des feuilles jusqu'à 10 jours (certaines variétés maximum 20), et après cette période pousse rapidement et produit des panicules.

² Variété de riz utilisé en zones d'eau profonde avec des durées d'inondations plus longues de jusqu'à entre 4 et 5 mois dans lesquelles les tiges sont capables de s'allonger rapidement, en réaction à la profondeur grandissante des inondations.

de saison sèche; et (iii) la culture alternée de riz de saison sèche avec l'empoissonnement uniquement pendant la saison des inondations (soit, sans le riz) dans la zone clôturée (par exemple, comme un enclos piscicole).

Le centre mondial de recherche sur les poissons (WorldFish Center) et ses partenaires nationaux ont récemment fait des essais sur la rizipisciculture simultanée (option i ci-dessus; figure 4) dans les zones moins inondées et sur l'option d'alterner la riziculture avec la pisciculture (option iii ci-dessus; figure 5) dans les zones très inondées du Bangladesh et du Viet Nam par l'intermédiaire d'un système de gestion communautaire. Les résultats indiquent que la pisciculture communautaire dans les rizières peut augmenter la production piscicole d'environ 600 kg/ha/an dans les zones moins inondées et jusqu'à 1,5 t/ha/an dans les zones très inondées sans réduire le rendement rizicole et les pêches de poissons sauvages. Ces options (illustrées aussi en figure 6) et d'autres options techniques potentielles doivent être mises à l'essai et validées dans diverses plaines inondables en Asie et en Afrique, dans le cadre des arrangements institutionnels variables qui conviennent aux conditions socioculturelles, économiques et politiques prédominant localement.

Conclusions des essais menés récemment

Dans les essais menés au cours d'une période de trois ans au Bangladesh et dans le nord et le sud du Viet Nam, l'approche adoptée était que les communautés ont été encouragées à déterminer les critères de gestion et les arrangements institutionnels qu'ils estiment appropriés pour leurs conditions locales et leur environnement social. Voir Dey et Prein (sous presse) pour les renseignements supplémentaires

Arrangements institutionnels

Les arrangements entre les parties prenantes s'avèrent nécessaires pendant la saison des inondations où les lots de terrain individuels ne sont pas visibles, le plan d'eau devient provisoirement une propriété commune, par opposition à la saison sèche où les possessions de terrains individuelles sont clairement visibles et respectées; cette approche est nécessaire à l'exploitation de la ressource.

Une approche de groupe est utilisée avec environ 20 familles par groupe, consistant en propriétaires terriens, pêcheurs au sein de la communauté et ouvriers n'ayant pas de terrain (avec droits d'accès coutumiers pour les pêches en saison des inondations). Les arrangements de profits sont exigés pour organiser et consolider le groupe. Sont considérés comme propriétaires terriens soit les personnes qui participent à l'activité (dites actives), soit les personnes qui n'y participent pas (dites passives). Les propriétaires terriens qui participent activement aux activités du groupe reçoivent une part supplémentaire des profits pour leur rôle en tant que membres du groupe (en plus de la part qu'ils reçoivent déjà par la simple fourniture de leur terrain).

Il a été constaté que l'harmonie sociale existant entre les groupes avant l'introduction de l'approche communautaire de la pisciculture constituait une condition requise pour la réussite de sa mise en œuvre. Les affiliations artificielles basées sur des liens précédents avec les organisations facilitatrices (par exemple les ONG) s'est avéré une source d'effets déstabilisateurs voire même nuisibles. La prédisposition de la population aux activités communautaires dans certains pays était aussi un déterminant important. Par exemple, dans le sud du Viet Nam les agriculteurs étaient peu disposés à toute forme d'arrangements de groupe, même si ces arrangements concernaient des parents proches, et ils ont préféré la gestion à titre individuel des zones plus petites, possédées et contrôlées par des individus. Les évaluations plus approfondies

sur les attributs des approches de groupe réussies et les raisons pour l'adoption spontanée et la vulgarisation de la technologie sont prévues dans un avenir proche.

Sélection du système simultané par opposition au système alterné

La sélection est en fonction du régime des inondations dans la zone et des préférences exprimées par les groupes.

Sélection des sites appropriés

Les sites doivent être des zones dont la topographie convient à l'activité et il est nécessaire d'inclure, dans la mesure du possible, les digues existantes. Au départ, on s'était aperçu que le nombre des sites qui convenait était limité, cependant, «ceux qui ont adopté l'activité spontanément» ont clôturé jusqu'à 75 pour cent du périmètre (le reste consistait en digues existantes) à un coût relativement élevé. Néanmoins, ces sites se sont avérés toujours très rentables.

Espèces de poissons, densités d'empoissonnement et leurs tailles

Les recommandations ont été émises concernant les densités d'empoissonnement de plusieurs espèces de poissons dans une polyculture, de préférence, des tailles plus grandes, afin d'éviter la prédation et d'obtenir de tailles beaucoup plus grandes pendant la récolte. Cependant, ces recommandations ne constituaient pas un ensemble de mesures consacrées par l'usage (pour éviter le refus direct), et le nombre d'alevins particuliers réellement utilisés pour l'empoissonnement et les proportions d'espèces étaient en fonction de la facilité avec laquelle on s'en procurait localement dans les stations d'alevinage et les autres sources. Étant donné les dimensions de certaines des zones clôturées, ces chiffres étaient importants, beaucoup plus importants que les exigences habituelles pour les étangs piscicoles, ajouté à cela, la préférence pour de plus grandes tailles et plusieurs espèces différentes ont présenté des défis considérables en matière de logistique (approvisionnement, transport) que les communautés et les ONG facilitatrices devaient relever.

Offre du marché par opposition au choix du moment des récoltes

La phase des pêches de poissons sauvages et la phase de récoltes sont destinées à coïncider parce que les deux activités dépendent des

inondations du point de vue de la durée, du niveau des eaux et du régime de décrue. Cependant, l'activité de pisciculture peut être organisée par étapes pendant une période plus longue par l'intermédiaire de récoltes séquentielles, pour aboutir à la réduction du stock de poissons qui existent déjà, permettant une croissance plus grande et une rentabilité plus importante. En outre, les fosses plus profondes dans la zone peuvent être utilisées pour conserver les poissons au-delà de la saison de pêche normale jusqu'à ce que les prix des poissons augmentent et que l'on peut obtenir une rentabilité plus grande dans les marchés. Cela a été fait par certains groupes d'essai.

Questions portant sur la gestion financière

Durant la première année, les communautés ont bénéficié du soutien financier pour l'investissement initial de la construction des clôtures. Ensuite, les communautés étaient censées réinvestir une partie des recettes obtenues des ventes de poisson de l'année précédente dans l'activité de pisciculture de l'année suivante, par exemple, pour l'achat d'alevins et l'entretien des clôtures.

Effets sur la biodiversité (poissons sauvages)

En général, il a été conclu que la biodiversité et l'abondance des poissons sauvages n'ont pas été affectées par l'activité de la pisciculture, bien que l'on n'ait pas fait d'analyses spécifiques dans le cadre de ces premiers essais. La conclusion est basée sur les comparaisons des prises de poissons sauvages, en matière de composition de biomasse et d'espèces, qui étaient essentiellement similaires, à l'exception des prédateurs comme tête-de-serpent (*Channa* sp.) et poisson-chat (*Clarias* sp.), qui avaient diminué. Cependant, dans certains cas, les pisciculteurs ont observé que la biomasse des petites espèces indigènes était considérablement plus élevée que dans les zones non clôturées avoisinantes, et quelques espèces qui étaient rares auparavant dans leurs zones, étaient encore apparues dans leurs prises dans les zones clôturées. Cette situation a été attribuée à la forte réduction des prédateurs dans la zone clôturée. Il est nécessaire de procéder à davantage d'études détaillées pour valider le fait que l'empoisonnement des zones clôturées dans les eaux d'inondation saisonnières n'a pas d'effets négatifs et que les clôtures limitent l'accès des jeunes poissons prédateurs aux zones clôturées durant la montée des eaux due aux inondations.

Bénéficiaires et impact

Les poissons des eaux continentales en général ont été caractérisés comme étant le groupe le plus menacé des vertébrés utilisés par les êtres humains, avec une tendance négative constante. Ces poissons sont très importants pour le revenu, la nutrition et la sécurité alimentaire des pauvres en milieu rural, mais la demande est en hausse, ce qui provoque la hausse constante des prix. Les poissons ont aussi une grande valeur pour la nutrition des pauvres en raison de leur densité et leur qualité en matière de substances nutritives (protéines, lipides, micronutriments) qui se présentent sous forme très bio-disponible dans la plupart des petites espèces de poissons.

La production piscicole dans les zones clôturées des plaines inondables sera augmentée au moins de deux à dix fois par rapport aux prises de poissons naturels par l'intermédiaire des activités de pisciculture, comme il a été démontré dans nos travaux précédents au Bangladesh et au Viet Nam. Les récoltes se réalisent en gros et par conséquent, les poissons sont vendus sur le marché pour obtenir des recettes en liquide qui sont partagées entre les membres du groupe, y compris ceux qui ne possèdent pas de terrain. La pêche des petites espèces indigènes non stockées par ceux qui ne possèdent pas de terrain avec des méthodes de pêche traditionnelles dans les zones de pisciculture pendant la période d'élevage, est spécifiquement permise par les groupes et de ce fait ils assurent la fourniture continue de protéines et de revenu au cours de la saison d'élevage dans les zones clôturées. Le revenu en liquide augmentera pour tous ceux qui sont impliqués, notamment pour ceux qui ne possèdent pas de terrain par rapport à leur revenu de base. Nous nous attendons à des niveaux de bénéfices similaires dans les approches de groupe à la pisciculture dans les systèmes d'irrigation.

À long terme, l'approche vise à fournir aux populations rurales dans les zones des plaines inondables et dans les systèmes d'irrigation des bassins ciblés, une source équitable de revenu supplémentaire et d'approvisionnement en poissons, provenant à la fois de la production piscicole naturelle et des espèces élevées. Les membres des communautés impliquées dans cette activité en seront les bénéficiaires directs, mais aussi les consommateurs de poissons situés en dehors des zones de pisciculture en raison de l'augmentation de la fourniture sur les marchés, contrant ainsi la tendance négative de la production des pêches continentales. Les revenus obtenus de la production piscicole peuvent aussi être utilisés pour améliorer l'entretien et par conséquent, ils assurent la viabilité des systèmes d'irrigation.

Domaines d'extrapolation

Les zones d'application potentielles pour l'approche communautaire à la pisciculture dans les plaines inondables et dans les systèmes d'irrigation sont considérables. Ces zones sont d'habitude très peuplées, cependant, les eaux d'inondation saisonnières sont sous-utilisées.

L'approche aide à atténuer la tendance de la baisse de production des pêches continentales, avec une hausse des prix du poisson, qui sont peu abordables pour les pauvres. Par exemple, rien qu'au Bangladesh, il existe 3 millions d'hectares de zones modérément inondées et de zones très inondées, dont environ 1,5 millions d'hectares sont estimés être appropriés à la pisciculture communautaire. Si cette approche est adoptée seulement dans 50 pour cent de ces zones, la production piscicole annuelle atteindra 450 000 tonnes (en plus de la production actuelle de 60 000 tonnes de poissons sauvages pêchés dans ces zones) à une valeur approximative de 340 millions de \$ US et on estime que 6,7 millions de personnes (dont 2,7 millions ne possèdent pas de terrain et/ou qui du point de vue fonctionnel ne possèdent pas de terrain) en seront bénéficiaires. Des opportunités similaires existent pour les plaines inondables et les systèmes de deltas dans d'autres pays en Asie et en Afrique.

Dans le bassin du fleuve Mékong, il existe 0,8 million d'hectares de zones modérément inondées et de zones très inondées qui pourraient être utilisées par les communautés riveraines pour des activités de pisciculture conjointes pendant la saison des inondations, qui reste autrement une saison où ces zones sont en jachère et où l'activité économique et agricole est très réduite. Sur les 5,2 millions d'hectares de zones modérément inondées et de zones très inondées du bassin Indo-Gange, 3 millions d'hectares sont situés au Bangladesh, où, selon les estimations, 27 millions de bénéficiaires directs potentiels habitent. Si seulement 25 pour cent de ces populations adoptent cette approche, 6,7 millions d'habitants en seraient bénéficiaires, dont 2,7 millions personnes ne possèdent pas de terrain. D'autres zones d'inondations saisonnières qui conviennent à cette approche dans d'autres bassins en Asie et au Myanmar (1,2 millions d'hectares), en Thaïlande (0,7 million d'hectares), et dans le delta du fleuve rouge (Red river) au Viet Nam (0,1 million d'hectares).

En Afrique, les possibilités pour l'application de la pisciculture communautaire sont très importantes dans les plaines inondables saisonnières et dans les systèmes d'irrigation. En Afrique de l'Ouest les plaines inondables, 470 000

hectares, sont utilisées pour la riziculture en eau profonde (Catling, 1992) et elles pourraient être utilisées pour la riziculture en eau profonde simultanée.

Références

- Ali, M.H., Miah, M.N.I. & Ahmed, N.U.** 1993. Experiences in deepwater rice-fish culture. *Bangladesh Rice Research Institute Publication* No. 107, Gazipur, Bangladesh. 28 pp.
- Ali, M.H., Miah, M.N.I. & Elahi, M.N.** 1998. Increasing farm income by incorporating fish culture in deepwater rice environment. *Bangladesh Journal of Fisheries Research*, 2(2): 183-188.
- Bakker, M., Barker, R., Meinzen-Dick, R.S. & Konradsen, F. (éds).** 1999. Multiple uses of water in irrigated areas: a case study from Sri Lanka. *SWIM Report 8*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. (disponible à www.cgiar.org/iwmi/pubs/SWIM/Swim08.pdf).
- Catling, D.** 1992. Rice in deep water. London, MacMillan Press and International Rice Research Institute. 542 pp.
- Das, D.N., Roy, B. & Mukhopadhyay, P.K.** 1990. Fish culture with DW rice in West Bengal. Dans: *Deepwater and Tidal Wet Land Rice Bulletin*, No. 17, November 1990, International Rice Research Institute, Philippines.
- Dey, M.M. & Prein, M.** 2000. Case 3: Fish in deepwater ricelands. Dans PRGA Program. éd. *Equity, well-being, and ecosystem health: participatory research for natural resources management*, p. 19-20. CGIAR Program on Participatory Research and Gender Analysis, CIAT, Cali, Colombia. 62 pp.
- Dey, M.M. & Prein, M.** 2003. Participatory research at landscape level: floodprone ecosystems in Bangladesh and Vietnam. Dans B. Pound, S.S. Snapp, C. McDougall & A. Braun, éds. *Uniting science and participation for sustainable livelihoods and adaptive natural resource management*. Earthscan/IDRC.
- Dey, M.M. & Prein, M.** 2006 Community-based fish culture in seasonally deep-flooding ecosystems. *IFAD Technical Advisory Notes 1*, Aquaculture Series, IFAD, Rome (in press).
- Dey, M.M. & Prein, M.** Community-based concurrent rice-fish culture in seasonal moderately deep-flooding ecosystems. *IFAD Technical Advisory Notes 2*, Aquaculture Series, IFAD, Rome (in press).
- Dey, M.M. & Prein, M.** *Community-based fish culture in seasonally flooding ecosystems*. WorldFish Center Technical Report (en prép.).

- Gregory, R. & Guttman, H.** 1996. Management of ricefield fisheries in South East Asia: capture or culture? *ILEIA Newsletter* 12(2): 20-21.
- Guttman, H.** 1999. Ricefield fisheries - a resource for Cambodia. Naga, *The ICLARM Quarterly* 22(2): 11-15.
- Halwart, M.** 1998. Trends in rice-fish farming. *FAO Aquaculture Newsletter* 18: 3-11 (disponible à www.fao.org/documents/docrep/005/w8516e/w8516e00.htm).
- Meinzen-Dick, R.S.** (éd.) 2001. Multiple uses of water in irrigated areas. *Irrigation and Drainage Systems* 15(2). (6 articles).
- Mukhopadhyay, P.K., Das, D.N. & Roy, B.** 1991. *Deepwater Rice-Fish Farming Bulletin*, Issue no. 1, February 1991, Rice Research Station, Chinsurah, West Bengal, India.
- Prein, M. & Dey, M.M.** 2001. Rice and fish culture in seasonally flooded ecosystems. Dans IIRR, IDRC, FAO, NACA and ICLARM, p. 207-214. *Utilizing different aquatic resources for livelihoods in Asia: a resource book*. International Institute of Rural Reconstruction, Silang, Cavite, Philippines. 416 pp. (disponible à www.iirr.org/aquatic_resources).
- Rothuis, A.J., Nhan, D.K., Richter, C.J.J. & Ollevier, F.** 1998a. Rice with fish culture in the semi-deep waters of the Mekong delta, Vietnam: a socio-economic survey. *Aquaculture Research* 29: 47-57.
- Rothuis, A.J., Nhan, D.K., Richter, C.J.J. & Ollevier, F.** 1998b. Rice with fish culture in the semi-deep waters of the Mekong delta, Vietnam: interaction of rice culture and fish husbandry management on fish production. *Aquaculture Research* 29: 59-66.
- Roy, B., Das, D.N. & Mukhopadhyay, P.K.** 1990. Rice-fish-vegetable integrated farming: towards a sustainable ecosystem. Naga, *The ICLARM Quarterly*, October 1990.
- Sultana, P. & Thompson, P.** 2003. Methods of consensus building for community based fisheries management in Bangladesh and the Mekong delta. *CAPRI Working Paper* 30. Washington DC: IFPRI. (disponible à www.capri.cgiar.org/pdf/capriwp30.pdf)

UNE ÉTUDE DU DÉVELOPPEMENT DE L'INTÉGRATION DE L'IRRIGATION ET DE L'AQUACULTURE (IIA), CITANT L'AFRIQUE DE L'OUEST COMME RÉFÉRENCE SPÉCIALE

Cécile Brugère
Département des pêches et de l'aquaculture
FAO, Rome, Italie

Brugère, C. 2010. Une étude du développement de l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture (IIA), citant l'Afrique de l'Ouest comme référence spéciale. Dans M. Halwart & A.A. van Dam (éds). *Intégration de l'irrigation et de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest: concepts, pratiques et perspectives d'avenir*. Rome, FAO. pp. 29-63.

Résumé

Une étude a été faite sur la documentation disponible concernant les activités de l'intégration de l'irrigation et l'aquaculture (IIA) dans 13 pays en Afrique de l'Ouest. Le concept de l'IIA a fait l'objet de certaines publications mettant l'accent sur les possibilités et les avantages «théoriques» de la pratique. D'autres études ont eu tendance à évaluer séparément le développement/les possibilités de l'irrigation et de l'aquaculture dans ces pays et elles se sont concentrées sur les aspects techniques de chaque activité. Les bas-fonds, les plaines inondables et les systèmes d'irrigation à maîtrise totale ont été identifiés comme environnements clés susceptibles de soutenir l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture. Les éléments de référence sont fournis sur le contexte et la justification des activités de l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture, et les activités spécifiques de l'IIA ont été énumérées pour chaque environnement clé à partir de la documentation sur les études de cas en Afrique de l'Ouest. Les questions identifiées comme éléments pouvant affecter de façon positive ou négative les possibilités d'intégration incluent les préoccupations de santé liées à la fréquence des maladies d'origine hydrique, la gestion des animaux nuisibles et des mauvaises herbes, le recyclage des eaux usées, l'atténuation des effets de la salinisation des terres, la conservation des zones humides, la demande en poissons, la commercialisation et la transformation, l'allocation optimale et la fixation du prix des eaux d'irrigation. Il est souligné que les évaluations des possibilités de l'IIA doivent incorporer pleinement les facteurs socioéconomiques et culturels, parce que ces facteurs ont une influence profonde sur l'adoption définitive des nouvelles technologies. En dépit d'un certain nombre de défis à relever sur le plan technique et socioéconomique, les activités de l'IIA apportent une contribution positive en ce qui concerne les moyens d'existence des exploitants et agriculteurs, pourvu que l'on leur donne l'opportunité pour réaliser les initiatives à titre privé et que les technologies soient adaptées à leurs besoins.

Introduction

La préparation de ce document a été déléguée par le Service des ressources des eaux intérieures et de l'aquaculture de la FAO¹ pour servir de document de travail pour l'Atelier régional FAO-ADRAO sur l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture tenu à Bamako au Mali, du 4 au 7 novembre 2003. Sur le plan géographique, l'étude s'est essentiellement concentrée sur la région de l'Afrique de l'Ouest et englobe le Burkina Faso, le Mali, le Niger, le Nigéria, le Sénégal, le Ghana, le Tchad, la Côte d'Ivoire ainsi que les pays membres du Consortium bas-fonds (CBF) de l'ADRAO: Bénin, Cameroun, Togo, Sierra Leone et Guinée.

L'investigation du développement de l'intégration de l'irrigation et l'aquaculture se concentre sur trois zones clés aménagées pour l'irrigation: les bas-fonds, les plaines inondables, les systèmes d'irrigation à maîtrise totale, et inclut les activités de rizipisciculture. Les activités de l'IIA sont examinées dans chaque environnement clé en Afrique de l'Ouest, évaluant les possibilités, les contraintes, les opportunités et les autres questions relatives au développement futur de l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture en Afrique, tout en présentant des recommandations pour le développement de l'IIA dans chaque pays et dans l'ensemble de la région.

La première section du document fournit les éléments de référence et la logique du développement de l'IIA. La deuxième section fait une description des environnements clés, de l'aquaculture et des systèmes d'irrigation

¹ Maintenant Service de l'aquaculture (FIRA).

faisant l'objet de l'étude et englobe les études de cas sur les activités de l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture pratiquées dans les plaines inondables, dans les bas-fonds et dans les systèmes d'irrigation à maîtrise totale dans les pays concernés par l'étude. D'autres questions relatives au développement de l'IIA, comme les préoccupations de santé, le contrôle des mauvaises herbes, le recyclage des eaux usées, la salinisation des terres, la conservation des zones humides et la fixation du prix des eaux d'irrigation sont abordés dans une troisième section. Les défis à relever et les opportunités de l'intégration future font l'objet de discussion dans une quatrième section sur la base des éléments ci-dessus. La dernière section résume les résultats et se termine avec une conclusion.

Documents de référence et logique de l'IIA

Irrigation: questions de pénurie d'eau et de productivité de l'eau

Quand 70 pour cent des ressources en eau sont développées sur le plan mondial pour l'irrigation et quand on prévoit une augmentation du prélèvement total des ressources en eau, la pénurie croissante et la concurrence pour l'eau suscitent une nouvelle dimension dans le débat sur la sécurité alimentaire (Seckler *et al.*, 1998). Les risques liés à l'irrigation sont une efficacité réduite de l'utilisation de l'eau, une exploitation coûteuse des nouvelles ressources d'eau, une dégradation des ressources par engorgement, une pollution et une salinisation des terres, ce qui a un impact négatif sur l'approvisionnement en eau potable et sur la santé, ainsi que des subventions et des incitations déformées qui entraînent davantage d'épuisement et des avantages inégaux (Rosegrant, 1995). Devant ces défis à relever et pour pouvoir assurer l'augmentation de la production alimentaire et la stabilité des prix dans les décennies à venir, les investissements et les réformes de politiques doivent être mis en œuvre pour améliorer la gestion de l'eau et de l'irrigation (Rosegrant et Cai, 2001).

Seckler *et al.* (1998) ont classé les pays selon les perspectives de rareté de l'eau. Aucun des pays faisant l'objet de cette étude ne fait partie du groupe des pays actuellement frappés par un manque d'eau. Cependant, le Niger, le Cameroun, la Côte d'Ivoire, le Nigeria, le Ghana, le Bénin, le Tchad et le Burkina Faso ont été classés comme faisant partie des pays du Groupe 2 dans lesquels

les conditions sont souvent défavorables pour les cultures agricoles et qui doivent développer plus du double la quantité d'eau qu'ils utilisent actuellement, afin de répondre raisonnablement aux besoins futurs. Dans ces pays, il a été recommandé que l'accent soit mis sur l'expansion de l'irrigation à petite échelle et de l'irrigation complémentaire afin d'augmenter la productivité de l'agriculture pluviale. Dans le Groupe 3, il y a la Guinée, le Sénégal et le Mali², qui doivent accroître leur extraction d'eau de 48 pour cent en moyenne pour répondre à leurs besoins en eau.

Dans le contexte de l'intégration des usages, la productivité de l'eau, c'est à dire la quantité de production alimentaire par unité de volume d'eau utilisée, est plus instructive que l'efficacité de l'irrigation, définie comme la quantité d'eau nécessaire à un but prévu divisée par la quantité d'eau totale transférée à un domaine spatial qui présente un intérêt (Guerra *et al.*, 1998; Molden, 1997). Étant donné que les coûts de développement des nouvelles ressources en eau augmentent, l'accroissement de la productivité des ressources existantes, l'irrigation et les eaux pluviales, s'avère plus intéressantes et cela peut être réalisé de quatre façons (Seckler *et al.*, 1998):

- Réduire les pertes par évaporation
- Réduire l'écoulement des eaux utilisables vers les puits
- Assurer la régulation de la salinité et de la pollution
- Réaffecter l'eau destinée aux cultures à faible valeur en faveur des cultures à grande valeur

Une cinquième façon d'accroître la productivité de l'eau est de procéder à l'intégration d'un usage qui ne gaspille pas l'eau (la pisciculture) dans les sources d'irrigation existantes

Aquaculture

L'aquaculture est l'industrie alimentaire dont la croissance est la plus rapide sur le plan mondial (FAO, 2000a). En dépit de certains impacts environnementaux négatifs (qui sont d'habitude propres à l'aquaculture marine ou côtière intensive), la pisciculture dans les eaux continentales présente des possibilités de contribuer de façon positive aux moyens d'existence et à la sécurité alimentaire des pauvres (Ahmed et Lorica, 2002; Edwards, 2000;

² Le Togo et la Sierra Leone ne faisaient pas partie de l'étude.

Halwart *et al.*, 2003) et aujourd'hui l'accent est mis sur l'aquaculture pour le développement, au lieu de développer uniquement l'aquaculture (Friend et Funge-Smith, 2002). Les ressources biologiques aquatiques sont cependant dans une période de transition et elles doivent faire face à des questions relatives à l'efficacité, en particulier dans les activités après la récolte, l'équité, la gestion, l'intensification et la formulation de politiques (Williams, 1996). L'amélioration de la gestion de l'eau qui permet de satisfaire à la fois l'agriculture et les ressources aquatiques peut être un moyen par lequel les usages de l'eau sont optimisés et les moyens d'existence des populations locales améliorés, mais cela exige des politiques intégrées susceptibles de reconnaître les usages multiples des plans d'eau continentaux et la complexité des moyens d'existence afin de promouvoir leur viabilité.

Systèmes de production intégrés

Le concept de l'intégration de la production piscicole à d'autres activités (cultures, aviculture, bétail) dans le cadre des systèmes agricoles complexes, n'est pas nouveau et ses avantages sont reconnus depuis longtemps (Pullin et Shehadeh, 1980; Little et Muir, 1987; FAO/ICLARM/IIRR, 2001). Dans une perspective de réduction de la pauvreté, ces systèmes contribuent à l'amélioration des résultats de moyens d'existence par l'intermédiaire de la diversification de la production alimentaire et des activités familiales, l'augmentation des revenus, l'amélioration de la nutrition et la répartition des risques et des incertitudes (FAO, 2000b; Prein, 2002). Dans une perspective environnementale, ces systèmes contribuent à la gestion durable des ressources naturelles par l'intermédiaire du recyclage/de la réutilisation des ressources et des substances nutritives, la lutte intégrée contre les pestes, l'augmentation de l'efficacité de l'utilisation des terres et de l'eau et enfin la gestion des déchets (*ibid.*).

Alors que la contribution de l'irrigation et du développement de l'aquaculture en faveur de la réduction de la pauvreté a été évaluée séparément (Hussain et Biltonen, 2001 et Chambers, 1988 dans le cas de l'irrigation; Friend et Funge-Smith, 2002 et Edwards, 2000 dans le cas de l'aquaculture), l'intégration des deux activités est relativement nouvelle, notamment en Afrique. Malgré le fait qu'on la désigne comme une «zone vulnérable à la sécheresse», l'Afrique subsaharienne a sous-exploité les ressources et les infrastructures d'irrigation qui pourraient être réhabilitées et modernisées (Alam, 1991)

ainsi que de pratiquer des approches intégrées à la gestion de l'eau pour intégrer l'irrigation et l'aquaculture.

Intégration de l'irrigation et de l'aquaculture

Une grande partie de la documentation actuelle reconnaît les possibilités «théoriques» de l'intégration de l'irrigation et l'aquaculture. Ces possibilités sont basées sur des évaluations séparées des activités de l'irrigation et de l'aquaculture et sur des possibilités de développement supplémentaire. Bien que les systèmes intégrés comme la rizipisciculture ou la pisciculture en cage dans les réservoirs (d'irrigation) artificiels aient été étudiés à fond, les aspects techniques de l'IIA dans les canaux et les questions de gestion relatives aux usages multiples de l'eau ont été abordés dans très peu d'études (par exemple Li, 2002; Ingram *et al.*, 2000). D'après Fernando et Halwart (2000), la récolte de poissons dans les systèmes d'irrigation est une pratique qui remonte au moins à deux millénaires. Bien que la pratique soit rarement documentée, elle semble être une activité très répandue dans les régions tropicales et sous-tropicales, notamment dans les rizières irriguées. Les systèmes d'irrigation utilisant l'eau conservée ou transférée ont augmenté de manière exponentielle au cours des 50 dernières années, mais la pisciculture dans ces systèmes irrigués n'a pas connu le même développement, si bien qu'il existe maintenant d'énormes possibilités pour cette activité intégrée (Fernando and Halwart, 2000).

L'intégration de l'irrigation et l'aquaculture est un aspect de l'intégration de l'agriculture et l'aquaculture. Il s'agit de la pratique de deux technologies liées dans le but d'accroître la productivité par unité d'eau utilisée. Dans le cas de la production rizicole et piscicole simultanée irriguée, l'intégration peut être partielle ou totale selon l'emplacement spatial des unités d'irrigation et aquacoles: on peut entamer l'élevage de poissons dans un étang en amont ou en aval de la rizière, mais aussi dans la rizière. Dans le cas des systèmes d'irrigation par le transport d'eau, on peut aussi entamer l'élevage de poissons dans les cages situées dans les canaux (Li *et al.*, 2005; Ingram *et al.*, 2000; Haylor, 1994). D'autres systèmes éventuels sont précisés dans la section suivante.

L'IIA présente un certain nombre d'avantages génériques, dont la plupart sont dus aux avantages qui découlent des systèmes agricoles intégrés. Les impacts environnementaux positifs incluent (after Kabré, 2000):

- Dans le cas des étangs piscicoles utilisés pour l'irrigation: la fertilisation de l'eau et du sol par les excréments de poissons, l'accumulation de matières organiques au fonds des étangs qui améliore le développement de la microflore et de la microfaune et augmente la productivité de l'étang.
- Dans le cas des systèmes rizipiscicoles: les espèces de poissons, en particulier certaines espèces de tilapias, contrôlent les mauvaises herbes dans les rizières et les mouvements des poissons empêchent la pousse de nouvelles mauvaises herbes. Les poissons agissent comme une lutte biologique pour les parasites du riz et les larves de moustique, contre la propagation du paludisme et d'autres maladies d'origine hydrique.

Au niveau des familles, les impacts positifs comportent l'amélioration de la sécurité alimentaire, une nutrition équilibrée l'augmentation des revenus (Moehl *et al.*, 2001) par l'intermédiaire de la production d'une denrée (le poisson) constamment disponible au moment où l'on en a besoin et la fourniture d'irrigation supplémentaire pour les cultures pendant la saison sèche (Little et Muir, 1987). L'augmentation de revenus pour les pauvres qui ne possèdent pas de terrain a été démontrée comme étant possible avec l'adoption des cages piscicoles (pour les carpes majeures indiennes – Indian major carps) dans les canaux d'irrigation (Brugère, 2003).

Bien que l'intégration de l'aquaculture dans les systèmes d'irrigation reçoive de plus en plus d'attention, les contraintes techniques et l'opposition à l'intégration ont entravé son développement dans certaines régions. Dans le cas des réservoirs à grande échelle, l'aquaculture en cage/enclos peut limiter ou modifier la valeur de l'eau dans les usages multiples en modifiant les régimes d'écoulement, le paysage, en interrompant le frai, en gênant la navigation, en empêchant l'accès et en polluant l'eau, notamment quand les réservoirs sont utilisés pour l'approvisionnement en eau potable (Haylor, 1994; Beveridge, 1987). Dans les canaux d'irrigation, les cages, notamment quand elles sont polluées, peuvent représenter une barrière à l'écoulement et elles ont rencontré quelque opposition à leur utilisation (Costa-Pierce et Effendi, 1988 dans le cas de l'Indonésie; Jauncey et Stewart, 1987 dans le cas de l'Égypte). En outre, l'intégration de la production piscicole dans un système d'irrigation crée un fardeau de plus sur la gestion, exigeant un équilibre entre les besoins et les contraintes de la production piscicole et des cultures (Li *et al.*, 2005; Haylor, 1994).

Les environnements clés et le développement de l'IIA en Afrique de l'Ouest

Il est nécessaire de déterminer quels environnements d'irrigation et quels systèmes aquacoles conviennent à l'intégration de l'aquaculture. Le tableau 1 établit le lien entre chaque environnement clé défini par la FAO (bas-fonds, plaines inondables et systèmes d'irrigation à maîtrise totale) et les systèmes conçus à base d'eau/d'irrigation connexes et les systèmes aquacoles qu'ils peuvent potentiellement soutenir, comme Haylor (1994) l'a suggéré. La section suivante présente le rapport sur les analyses des études de cas d'une telle intégration en Afrique de l'Ouest, avec leurs possibilités et leurs contraintes.

Développement de l'IIA en Afrique de l'Ouest

En raison de la concentration spécifique de cette étude sur l'intégration de l'irrigation et l'aquaculture, les critiques des secteurs de l'irrigation et de l'aquaculture sur le plan national ne sont pas réitérées. Toutefois, elles ont été résumées dans un tableau, qui englobe aussi les possibilités de l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture par pays, évaluées à partir d'études de faisabilité et d'informations provenant d'autres sources (Annexe 1).

Il n'y a pas beaucoup d'exemples d'initiatives pratiques documentées dans le contexte de l'Afrique de l'Ouest et certaines études de cas sur l'aquaculture ne précisent pas l'environnement dans lequel elles ont été menées. Une exception notable est l'intégration de la riziculture et de la pisciculture. À la suite de l'atelier de la FAO pour un réseau africain sur l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture (Moehl *et al.*, 2001), des études de cas ont été réalisées au Mali (Bamba et Kienta, 2000), en Côte d'Ivoire (Coulibaly, 2000), et au Burkina Faso (Kabré, 2000). Ces études sont parmi les études les plus approfondies disponibles sur les activités de l'IIA (d'habitudes on trouve des essais ou des rapports d'anciennes activités) en Afrique et elles font une description des caractéristiques techniques des systèmes développés aussi bien que de certains impacts économiques et sociaux. Les approches sectorielles au développement de chaque activité prédominent toujours parmi les praticiens et les décideurs économiques. Il est rare de mentionner les «approches intégrées» à la gestion de l'eau d'irrigation, tout en tenant compte des autres usages de l'eau, en particulier la production piscicole (les pêches ou l'aquaculture) et les usages domestiques.

Tableau 1: Environnements clés, systèmes conçus à base d'eau et systèmes aquacoles.

Environnement clé (selon la définition dans FAOSTAT)	Systèmes conçus à base d'eau (d'après Haylor, 1994)	Situation des pêches (capture et amélioration) et aquaculture (d'après Haylor, 1994)	Systèmes aquacoles avec possibilités d'intégration
Systèmes d'irrigation avec maîtrise totale (à grande échelle)	Grands réservoirs (barrages) pour stockage/contrôle des inondations	Portion grande et croissante de production piscicole dans beaucoup de pays mais seulement une innovation récente en Afrique, en particulier concernant l'aquaculture basée sur les réservoirs ¹	Cages/enclos
	Irrigation de fourniture par les canaux	Poissons entrant le système et populations autosuffisantes sont importantes en Asie. Poissons stockés utilisés pour le contrôle de la pousse des plantes aquatiques et des vecteurs de maladies.	Cages/enclos (par ex. Polyculture de carpe en Chine)
	Dispersion de l'eau (drainage et eaux usées)	Pas de pêche. Aquaculture utilisée pour production de biomasse utile à partir d'un support aquatique maîtrisé et traitement des eaux usées.	Étangs, petits réservoirs
	Systèmes pour transfert d'eau (schémas de transport)	Pêches dont la documentation n'est pas répandue.	Cages/enclos
Systèmes d'irrigation avec maîtrise totale (à petite échelle)	Sous-systèmes de culture (=rizières)	Pêche pratiquée aussi longtemps que riziculture avec rendements d'environ 135–175 kg/ha ² . La pisciculture fournit des rendements plus importants mais cela varie selon les conditions des terrains.	Rizipisciculture (par ex. production d'alevins en Chine)
	Réservoirs à petite échelle (= barrages fermiers, réservoirs à double fonction, citernes ou réservoirs d'irrigation) pour le stockage des eaux pluviales et d'inondation	Combinaison de pratiques de pêches et aquacoles.	Cages/enclos, rizipisciculture, criques dans bassins de retenue (par ex. production d'alevins en Chine)
	Irrigation par l'eau souterraine (puits, trou de forage, pompe)	Aquaculture extensive dans puits à ciel ouvert mais risque de conflit avec autres usages (consommation par les humains/bétail) ³ .	Poissons stockés dans les puits ³
	Réservoirs sur ferme ou étangs	Aquaculture extensive à semi-intensive ⁴	Cages/enclos, étangs
Bas-fonds/zones humides	Réservoirs-barrages à petite échelle	Poissons entrant le système et populations autosuffisantes ⁵	Cages/enclos, étangs
	Rizières	Poissons entrant dans le système, parfois stockés ⁵	Rizipisciculture
Plaines inondables y compris recul de zones inondées	Réservoirs-barrages à petite échelle	Poissons entrant dans le système populations autosuffisantes ^{6, 7}	Cages/enclos, étangs
	Rizières	Poissons entrant dans le système, parfois stockés ^{5, 7}	Rizipisciculture

¹Beveridge et Phillips (1987); ICLARM et GTZ (1991); ²Hora et Pillay (1962), Ali (1990); ³Institute of Aquaculture (1998); ⁴Little et Muir (1987); ⁵Coulibaly (2000); ⁶Welcomme (1976); ⁷Bamba et Kienta (2000).

Les plaines inondables

Les plaines inondables jouent un rôle fondamental en soutenant de grandes populations humaines. Les nombreuses activités qu'elles permettent dépendent de leur hydrologie (Thompson et Polet, 2000). La promotion de leur gestion pour la production piscicole par les techniques aquacoles extensives (par exemple les étangs creusés dans les plaines inondables, les barrages qui bloquent les canaux de drainage et les digues clôturant les zones) n'est pas nouvelle (Welcomme, 1976).

L'utilisation des ressources des plaines inondables est d'habitude synchronisée avec le

cycle des inondations annuelles comme dans les zones humides de Hadejia-Nguru dans le nord-est du Nigéria (Thompson et Polet, 2000) où le riz est cultivé dans les zones inondées, puis ces zones sont ensuite consacrées à d'autres cultures après la disparition des inondations. L'intensité des activités de pêche et du pâturage varie aussi selon la hausse et la baisse du niveau des eaux. L'emplacement de la riziculture et de l'irrigation à petite échelle est déterminé par la disponibilité en eau pendant les saisons pluvieuse et sèche.

La rizipisciculture

Dans la région de Mopti au Mali, la rizipisciculture dans la plaine d'inondation du fleuve Niger (la zone Tiroguel) a été évaluée dans une analyse d'étude de cas d'un projet potentiel (Bamba et Kienta, 2000). Il a été estimé que le projet bénéficierait du Programme spécial sur la sécurité alimentaire (PSSA) pour permettre aux riverains des plaines inondables de pêcher légalement les poissons qui entrent naturellement dans le réseau d'irrigation des plaines inondables et augmentent la production piscicole dans la zone irriguée destinée à la riziculture en eau profonde. Avec la réhabilitation d'une zone d'irrigation à petite échelle, gérée par la communauté, un étang d'une superficie de 10 ha serait créé au milieu d'une rizière en eau profonde de 13 ha. L'eau dans la zone irriguée contiendrait simultanément les poissons et le riz: un trou serait creusé au milieu de l'étang pour permettre aux poissons de survivre après le drainage pour la moisson du riz. La gestion de l'étang et du riz dépendrait de l'implication de tous les membres de la communauté et de l'harmonisation des intérêts de gestion. Les tilapias et *Clarias* spp. seraient stockés dans l'étang tout en utilisant des populations naturelles entrant la plaine d'inondation et l'empoissonnement supplémentaire. L'alimentation des poissons serait obtenue par les engrais organiques (le recyclage des déchets produits sur le champ).

L'analyse financière de cette intégration basée sur un certain nombre d'objectifs de production a suggéré des résultats positifs nets. Sur tous les impacts envisagés, neuf pourraient être positifs, cinq seraient négatifs, six seraient potentiellement négatifs et deux seraient négligeables. Les avantages seraient en fonction des hausses du capital social (cohésion communautaire par le truchement de la gestion communautaire de la production rizicole et piscicole), la gestion du transfert de ressources provenant de l'état aux parties prenantes, l'accroissement de l'autonomie en matière de prise de décision, la fourniture de poissons au moment opportun quand les ressources sont en baisse dans le delta, avec augmentation de revenus pour les producteurs, en particulier les femmes, et l'amélioration du régime alimentaire.

Les contraintes à surmonter seraient liées au manque de soutien institutionnel et à la gestion à fonction unique de l'eau pour les rizières irriguées, au manque de fonds pour les activités aquacoles en général, à la perception de l'aquaculture comme une activité secondaire par les agriculteurs, au manque de disponibilité de l'eau en dehors des zones aménagées pour

l'irrigation à maîtrise totale. Néanmoins, les possibilités de l'intégration de la riziculture et la pisciculture ont été considérées comme étant une grande priorité et avec le soutien politique nécessaire, l'exemple de la zone Tiroguel pourrait être étendu à toutes les zones de riziculture en eau profonde, à tous les étangs et aux bas-fonds au Mali.

Au Burkina Faso, les exemples d'intégration directe de la riziculture et la pisciculture (l'élevage de poissons dans la rizière) dans la vallée de Kou et de l'intégration indirecte (étang piscicole en amont de la rizière) dans le système d'irrigation de Bragué ont été évalués (Kabré, 2000). La vallée de Kou est une plaine d'inondation aménagée pour l'irrigation par gravité tandis que le système d'irrigation de Bragué fournit l'eau à partir de canaux liés au réservoir-barrage de Bragué. Malgré la réussite partielle, l'essai de la vallée de Kou est plus instructif que l'étude de cas sur Bragué, qui donne très peu d'idées sur l'IIA (la production piscicole était une utilisation secondaire de l'étang, qui au départ fut conçu comme une source supplémentaire d'irrigation pour le riz; les riziculteurs ne participaient pas à l'élevage de poissons et il n'y avait pas de récolte de poissons). Dans l'essai de la vallée de Kou (1987-1988), les rizières étaient individuellement alimentées en eau par l'irrigation du canal. Les canaux à vannes avaient des grilles pour éviter que les poissons stockés ne se mélangent avec les populations de poissons sauvages. Un étang, construit au sein du système pour faire grandir les alevins de tilapia et fertilisé avec des intrants organiques et minéraux, était géré collectivement par un groupe de pêcheurs. Il y a eu un certain nombre de difficultés pendant la mise en œuvre et la gestion de l'activité: les agriculteurs étaient sceptiques et les pêcheurs étaient les plus intéressés par l'activité, provoquant des conflits sur l'allocation de l'eau dans le périmètre irrigué puis une crue subite a interrompu de manière imprévue le deuxième essai. En outre, l'impact financier de l'activité intégrée sur le budget des familles était limité. L'analyse approfondie a montré que la rizipisciculture était considérablement déterminée par la disponibilité d'une main-d'œuvre suffisante dans la famille.

Les autres contraintes pour un large développement de l'activité, évaluées par Kabré et Zerbo (2001), sont liées au manque d'orientation de l'agence de développement des pêches du gouvernement et des instituts de recherche en matière de développement aquacole et de rizipisciculture en particulier, le manque d'alevins, la concurrence pour les ressources alimentaires, et le manque de fonds, de terrain et d'eau pour l'IIA. Cependant,

pendant l'essai, les agriculteurs ont commencé à reconnaître les avantages de l'intégration de poissons dans les rizières ou dans un étang utilisé pour irriguer les rizières. Il est estimé que leur attitude pourrait être facilement changée par des efforts d'extension et la prise de conscience sur le recyclage de substances nutritives, les connaissances techniques concernant la gestion de l'IIA et certaines formes d'épargne et de coopérative pour financer et pour développer de nouvelles activités. Cela apporterait un soutien dans la demande existante pour les poissons et la possibilité de création d'activités après la récolte (par exemple le fumage de poissons) impliquant les femmes.

Les étangs

Au Nigéria, le développement d'un étang piscicole dans la plaine d'inondation des zones humides de Hadejia-Ngura a été signalé par Thomas (1994). Cette étude a souligné une caractéristique commune aux nombreux projets aquacoles en Afrique: le manque d'examen des aspects économiques et sociaux pour assurer la réussite des développements techniques. L'objectif du projet était d'accroître la production piscicole dans les étangs saisonniers pour compenser la baisse de la pêche. Les techniques utilisées impliquaient l'approfondissement des étangs et le contrôle de l'écoulement de l'eau après le recul des inondations, la fertilisation avec du fumier, et l'augmentation de la densité des poissons naturels avec des alevins sauvages pêchés de *Clarias lazera* et tilapia (*Sarotherodon galilaeus*). La dépression choisie était un étang communautaire qui était donc collectivement géré. Un étang à côté a été laissé sans gestion et était utilisé comme contrôle. Les alevins étaient fournis par les pêcheurs et le fumier était obtenu dans les camps des Peuls (nomades éleveurs de bétail).

Treize kilos de poissons ont été récoltés de l'étang non géré après 4 mois et 35 kg ont été récoltés dans l'étang géré après 8 mois. Cependant, l'analyse économique de l'essai a montré des résultats plus faibles pour la main-d'œuvre dans le cas de l'étang géré (5,19 Naira par personne-heure) par rapport à l'étang non géré (6,04 Naira par personne-heure), bien que les excédents de main-d'œuvre disponible en saison sèche au moment de la récolte de poissons et la possibilité de vendre les poissons en période «difficile» puissent compenser ces plus faibles résultats.

Malgré des résultats encourageants, la participation de la communauté et l'adoption de la technologie ont été faibles en raison des facteurs suivants:

- l'organisation communautaire et la gestion traditionnelle à titre individuel des activités de pêche dans la plaine d'inondation, qui ont rendu nouveau le concept de «gestion communautaire» des activités;
- les faibles niveaux d'éducation qui ont entravé l'enregistrement des informations et ont fait que les pêcheurs n'avaient pas envie de fournir les alevins nécessaires à l'empoisonnement de l'étang;
- les coutumes et les droits d'accès à l'étang empoisonné et à la pêche dans la plaine d'inondation (certains groupes ont perçu le projet comme étant une menace à leurs droits);
- les relations ethniques dans une atmosphère tendue et le soupçon de vol;
- la microéconomie de l'activité: alors que la pisciculture peut fournir des avantages instantanés, l'aquaculture doit être menée pendant plusieurs mois avant qu'une augmentation des revenus puisse avoir des répercussions sur la survie des familles.

Les bas-fonds

La rizipisciculture

Oswald *et al.* (1996) ont démontré les interactions et les résultats positifs obtenus par la combinaison de la pisciculture (pour la plupart *Oreochromis niloticus*) pratiquée dans les étangs avoisinants les rizières et dans les terres basses en zones périurbaines de Côte d'Ivoire. L'activité convenait à une stratégie de diversification agricole bénéficiant de la proximité des marchés.

Au Sénégal, les possibilités de la rizipisciculture ont été évaluées dans la vallée du fleuve Sénégal (dans le nord du pays) et dans les bas-fonds et les plaines inondables (au sud dans la région de la Casamance) (Sanni, 2002). Dans la vallée du fleuve Sénégal, la riziculture est pratiquée de façon intensive et l'eau est gérée de manière à répondre aux conditions requises pour faire pousser le riz (y compris pendant les périodes de basses eaux ou de terres asséchées) ce qui limiterait la croissance des poissons stockés dans les rizières. Cependant, les possibilités sont plus grandes en Casamance où la riziculture est pratiquée de façon extensive et où une certaine forme d'intégration de la riziculture et la pisciculture existe déjà et pourrait être facilement améliorée. Malgré le fait que les agriculteurs s'intéressent à l'IIA, en particulier à la rizipisciculture, malgré le fait qu'il existe déjà des connaissances en matière de gestion d'irrigation, qu'il y ait une forte demande en poissons frais dans les régions éloignées à

l'intérieur du pays, et que les fretins et les alevins soient disponibles, un certain nombre de contraintes ont été notées.

Quelques-unes de ces contraintes sont courantes dans les activités de l'IIA en général, comme la pratique d'une autre activité (voir aussi les contributions de Peterson *et al.*, ce volume). L'environnement local (par exemple la proximité du Delta où les poissons sont abondants) et l'origine ethnique sont aussi considérés comme étant des facteurs qui ont une influence sur les possibilités de l'IIA. Alors que ces analyses ont présenté des possibilités, Sanni (2002) a reconnu la nécessité de faire des évaluations socioéconomiques, en particulier sur le contexte de la rizipisciculture intensive dans la vallée du fleuve Sénégal.

Systemes d'irrigation à maîtrise totale

Barrages/réservoirs

Diallo (1995) a signalé des résultats encourageants obtenus de l'élevage semi-intensif du *Tilapia guineensis* et *Sarotherodon melanotheron* en enclos dans les barrages des vallées de Casamance, au Sénégal, comme méthode permettant de couvrir le manque de disponibilité en protéines après la perte d'habitat et la baisse des prises.

Dans le lac Kainji au Nigéria, une expérience a été réalisée en utilisant six des cages à mailles de volaille encadrées avec du bois, mesurant 1 m³ et empoissonnées avec des spécimens de *Tilapia galilaea*, *T. zillii* et *Oreochromis niloticus* ensemble et *T. galilaea* séparément (Ita, 1976). Les cages étaient suspendues par des cordes de nylon dans l'eau et les cordes étaient attachées au radeau d'un embarcadère à quelques mètres du barrage de Kainji. Les poissons étaient nourris quotidiennement avec des granulés préparés en mélangeant du poisson séché, des arachides grillées ou des arachides fraîches, du son de gros mil, de la farine d'igname et des vitamines commerciales préparées au préalable ou des aliments dérivés du sang. Les résultats ont montré que la croissance de *T. galilaea* pendant 164 jours était plus importante que dans le cas de la polyculture pendant 171 jours. Il a été suggéré d'améliorer la conception des cages pour réduire la perte des aliments et les coûts de construction afin d'améliorer la viabilité économique de l'activité.

Les canaux

Au Sénégal, Sanni (2002) a fait une évaluation des possibilités de plusieurs formes d'IIA. Dans les canaux primaires, les essais n'ont pas réussi en raison de vols, de la prédation des oiseaux

et du manque de participation du groupe cible, mais ces essais ont démontré qu'il existe des possibilités. La faible profondeur et la prédation facile ont constitué des contraintes dans les canaux secondaires et tertiaires. Les réservoirs à grande échelle situés dans les systèmes d'irrigation ont présenté de plus grandes possibilités d'élevage intensif de poissons en cages. Les zones de drainage ne convenaient pas à l'activité à cause de la présence de pesticides nuisibles dans l'eau.

La rizipisciculture

En Côte d'Ivoire, une analyse d'étude de cas des essais de l'IIA (la rizipisciculture) a été effectuée dans le village de Luenoufla du bas-fond dans la région de Daloa (Coulibaly, 2000). Les essais, au départ mis en œuvre dans le cadre du Projet piscicole centre ouest (PPCO) en 1992, ont été suivis par l'APDRA-CI (Association pisciculture et développement rural en Afrique tropicale humide - Côte d'Ivoire) et ils ont montré des résultats positifs. Les zones où la rizipisciculture est pratiquée présentent d'habitude des systèmes de cascade, avec des rizières en amont et en aval d'un petit réservoir aménagé en un barrage où les poissons sont élevés. Un vivier piscicole a été construit dans la cadre du système d'irrigation, qui était conçu aussi pour contenir des cultures organiques sur les digues et fournir de l'eau au bétail. La polyculture du tilapia, *Hemichromis fasciatus*, *Heterotis niloticus* et la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*) a été pratiquée.

D'un point de vue économique, il a été démontré que l'activité de pisciculture a contribué à 20 pour cent de la valeur totale de la production (riz, légumes et maïs) et a augmenté la valeur des bas-fonds aménagés pour l'irrigation. Cependant, la rentabilité de la main-d'œuvre était inférieure à la rentabilité du terrain. Les avantages au niveau de la famille incluaient les changements en matière de prise de décisions concernant l'exploitation des terres, un changement de la culture des hautes terres en faveur de l'exploitation des bas-fonds irrigués, la hausse de la rentabilité de la main-d'œuvre par rapport à la riziculture uniquement, l'amélioration du régime diététique, l'augmentation de la consommation de subsistance, l'établissement d'un budget familial avec les recettes de poissons comme réserve en cas de grosses dépenses, davantage d'indépendance pour les femmes par l'intermédiaire des cultures dans les digues et des activités aquacoles après les récoltes. Au niveau du village, la croissance de l'activité humaine pendant l'année autour du réservoir était un signe d'amélioration pour l'ensemble de la gestion de l'eau. En outre, les autres impacts

positifs du projet ont été la création d'emploi, le renforcement du capital social et humain (collaboration de groupes, implication des femmes) ainsi que les opportunités du marché pour les poissons frais.

Les essais de rizipisciculture ont été effectués sur des lots de terrain d'essai dans un vaste système d'irrigation dans la région de l'extrême nord-est du Ghana (Kumah *et al.*, 1996). Deux systèmes différents, tous les deux munis d'étangs de refuge sur un côté de la rizière, ont été évalués. L'un avait un fossé latéral autour du périmètre entier de la rizière. L'autre avait seulement un fossé central unique. Après 105 jours, les rendements rizicoles variaient de 1,6 à 4,1 tonnes par hectare. Les fossés latéraux empêchaient l'invasion des rats dans la rizière, augmentant ainsi les rendements. Au cours de la même période, la production piscicole variait de 133 à 142 kg par hectare. Les résultats ont encouragé les agriculteurs à procéder à des essais sur leurs propres lots de terrain d'irrigation.

Questions et avantages relatifs au développement de l'IIA

Les questions soulevées dans cette section ne sont pas propres à l'Afrique de l'Ouest, bien que l'on fasse allusion, dans la mesure du possible, aux pays faisant l'objet de l'étude. Les expériences vécues dans d'autres régions peuvent toutefois renseigner le processus de développement de l'IIA dans la région. La liste d'exemples n'est pas exhaustive mais vise plutôt à illustrer les questions.

Questions relatives à la santé humaine

Il y a divers arguments représentés dans le débat sur les questions relatives à la santé dans le développement de l'aquaculture dans les pays tropicaux. Certains affirment que la conservation de l'eau dans les étangs ou dans d'autres plans d'eau destinés à l'aquaculture augmente la fréquence des maladies d'origine hydrique (West, 1996). D'autres disent que les poissons carnivores et mollusquivores stockés dans les étangs piscicoles et dans d'autres plans d'eau, conjointement avec d'autres agents, peuvent être utilisés comme lutte biologique et pour l'accroissement de la production piscicole (Chiotha, 1995; Fletcher *et al.*, 1993).

Le développement de la pisciculture dans les plans d'eau continentaux construits pour l'activité peut être accompagnée d'une augmentation des maladies d'origine hydrique. Les étangs piscicoles se sont avérés des refuges pour un plus grand

nombre d'escargots porteurs de bilharziose que les ruisseaux et les canaux qui les alimentent, en particulier quand ces étangs ont des bords couverts de mauvaises herbes, augmentant ainsi le risque de contamination (Chiotha et Jenya, 1991). Des résultats similaires ont été signalés dans Sloomweg *et al.* (1993) au Cameroun où l'introduction de l'irrigation (le travail des rizières irriguées et la création de réservoirs d'eau permanents près du village) a augmenté le risque de schistosomiase. La situation était similaire dans la région du réservoir de Weija au Ghana, où les éléments environnementaux (prolifération des mauvaises herbes, changements du débit de l'eau) et les éléments sociaux (migration des agriculteurs et des pêcheurs infectés, programmes défectueux d'établissement des populations dans de nouvelles régions) se sont conjugués pour augmenter la fréquence de la schistosomiase (Ampofo et Zuta, 1995).

Cependant, l'introduction de l'aquaculture présente une approche alternative pour aborder le problème des vecteurs de maladie apparus lors de la construction des installations d'irrigation (Sloomweg, 1991; exemple du Cameroun). Le choix d'espèces de poissons appropriés, tels que *Trematocranus anaphyrmis*, *T. placodon* et *Astotilapia callistera*, qui sont des poissons mollusquivores, pourrait servir de double fonction de contrôle des escargots vecteurs de la bilharziose et d'accroissement de la productivité par l'occupation des niches vides (Chiotha, 1995). D'une façon similaire pour le paludisme, Fletcher *et al.* (1992) ont démontré que l'empoisonnement avec un poisson cyprinodontocète indigène, *Aphanius dispar*, dans tous les types de récipients pour stockage d'eau à Assab en Éthiopie, s'est avéré une méthode réussie et bien acceptée pour le contrôle des larves de moustique, avec un empoisonnement mensuel nécessaire au maintien d'un niveau de contrôle suffisant. Dans une évaluation sur le rôle des poissons comme agents de lutte biologique, Halwart (2001) a conclu que les activités aquacoles bien entretenues n'ont augmenté ni la qualité ni la diversité de l'écosystème, mais que plutôt cela a contribué à renforcer les caractéristiques de l'écosystème, et ce, souvent de façon considérable.

Souvent, il est également précisé que les insecticides organochlores, en particulier le DDT et l'HCT, utilisés pour le contrôle des populations de moustiques et pour circonscrire la propagation des autres maladies, se sont accumulés en chaînes trophiques et dans l'environnement (D'Amato *et al.*, 2002) et ont augmenté la pollution de l'eau, rendant celle-ci potentiellement partiellement impropre à l'aquaculture (Dua *et al.*, 1996). Le

développement de l'aquaculture a été entravé dans les canaux d'irrigation du Gezira Scheme (au Soudan) à cause de l'utilisation d'insecticides, de larvicides et de molluscicides nuisibles et à cause du manque de coordination des mesures administratives et techniques permettant de faire face à la pollution dans ces canaux (George, 1976). La présence de polluants, notamment les pesticides venant des terrains cultivés pour infiltrer les rigoles d'irrigation et de drainage, peuvent avoir des impacts négatifs sur l'élevage des poissons, bien que des solutions soient disponibles pour réduire au minimum ces impacts (Haylor, 1994). L'application aérienne des insecticides visant le contrôle des pucerons noirs (transmettant l'onchocercose ou la cécité des rivières) dans les zones fortement infectées et dans les plans d'eau, n'a pas eu d'impact considérable sur les poissons et sur les populations d'invertébrés aquatiques (Biney *et al.*, 1994; FAO, 1996).

Contrôle des pestes, des maladies et des mauvaises herbes

La prolifération effrénée des mauvaises herbes aquatiques (*Salvinia molesta* et *Eichhorna crassipes*) dans les systèmes d'irrigation africains et dans les cours d'eau devient de plus en plus inquiétante mais une gestion adaptée de ces plantes pourrait être bénéfique aux stocks de poissons dans les eaux continentales et pourrait être utilisée dans l'aquaculture (Petr, 1992). Dans le sud du Tchad et dans les périmètres d'irrigation de Baga, au Nigéria, où les plantes aquatiques se propageaient dans les canaux et dans les drains, l'introduction de poissons herbivores tels que la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*) a été considérée comme une alternative biologique qui convenait mieux que les traitements coûteux de contrôle des mauvaises herbes, tout en augmentant la production piscicole globale (Okafor, 1986). Cependant, la préférence doit être accordée, en général, à l'utilisation des espèces de poissons indigènes avant de penser à introduire une espèce exotique.

Dans les systèmes rizipiscicoles, on signale un plus petit nombre de pestes agricoles, la faible incidence des mauvaises herbes ou moins de ravages causés par les animaux nuisibles et les maladies en présence de poissons (Halwart, 2001). Cependant, il a été également signalé que certaines espèces de poissons endommageaient les plants de riz dans la plaine d'inondation dans le centre du delta du fleuve Niger au Mali (Matthes, 1978). Alors que quelques poissons ont été identifiés comme attaquant le riz principalement pour se nourrir (*Tilapia*

zillii, *Alestes* spp. et *Distichodus* spp.), d'autres espèces (par exemple *O. niloticus*) attaquaient le riz seulement quand les autres aliments étaient peu abondants, ou elles endommageaient les plantes pendant d'autres activités (par exemple *Heterotis* et *Clarias*). Toutefois, la situation peut être améliorée en utilisant les variétés locales (par exemple *Oryza glaberrima*) ou des variétés de «riz flottant» en eau profonde dont la floraison est tardive (Matthes, 1978). En outre, le périphyton sur les tiges du riz peut être une considérable source d'aliments pour les poissons. Le grignotage sur les tiges de riz par les poissons a parfois été interprété par erreur comme le fait de manger la plante du riz en elle-même (M. Halwart, communication personnelle, 2003).

Gestion des eaux usées

La gestion et le recyclage des eaux usées doivent être pris en compte quand on vise l'augmentation de la productivité. L'aquaculture produit et transforme à la fois les déchets, et à ce titre, cette activité élargit l'envergure de l'IIA en englobant des considérations environnementales à propos des utilisations multiples de l'eau.

Recyclage des eaux usées

Les étangs de traitement des eaux usées peuvent être utilisés simultanément pour parfaire le traitement des eaux usées municipales (Metcalf, 1995) et soutenir la production piscicole. L'effluent riche en substances nutritives provenant des étangs piscicoles d'eaux usées a ensuite prouvé qu'il convenait aux applications d'irrigation (Shereif *et al.*, 1995) et la vase provenant des étangs d'oxydation à la fertilisation des terres (Hosetti et Frost, 1995). L'aquaculture dans les étangs d'eaux usées contribue à l'eutrophisation et au contrôle de la qualité de l'eau, tout en fournissant des avantages économiques directs par l'intermédiaire de la vente des poissons (Yan et Zhang, 1994). Les risques de santé liés à l'utilisation des eaux usées pour la production piscicole ont été étudiés de façon extensive et toutes les études sont d'accord pour reconnaître comme microbiologiquement sûr pour la consommation les poissons produits dans l'effluent municipal (Slabbert *et al.*, 1989) et mixte domestique/industriel (Sandbank et Nupen, 1984) et provenant des eaux usées primaires et secondaires traitées (Khalil and Hussein, 1997).

Les étangs alimentés par les déchets

Les systèmes d'étangs piscicoles intégrés sont souvent un moyen permettant de recycler des substances nutritives qui autrement seraient

perdues, en utilisant les dépôts de sédiments des étangs et l'eau pour fertiliser et pour irriguer les cultures avoisinantes (Little and Muir, 1987). Les excréments des animaux sont utilisés de façon extensive pour fertiliser les étangs piscicoles à travers l'Asie dans le cadre de l'intégration des systèmes d'élevage de bétail et de pisciculture (cochon, canard, vache, volailles) (*ibid*; Edwards et Little, 2003; Yan *et al.*, 1998). Il a été démontré que l'eau d'un étang piscicole utilisée pour irriguer les lots de terrain de légumes en Afrique du Sud augmente le rendement (Prinsloo et Schoonbee, 1987). Alors que ces exemples se sont concentrés sur l'irrigation par l'eau des étangs piscicoles, Prinsloo *et al.* (2000) ont évalué l'efficacité de l'eau en utilisant l'effluent provenant d'un étang piscicole conjointement avec des technologies d'irrigation par submersion et par micro-irrigation. Ils ont démontré que l'efficacité d'utilisation de l'eau enrichie par les substances nutritives était plus élevée lorsqu'elle était appliquée avec d'autre méthode d'irrigation (irrigation par gouttes depuis un bidon) pour les légumes et le maïs que dans le cas de l'irrigation par submersion. Il s'agit là d'une illustration de la façon dont on pourrait combler le fossé entre les technologies de l'irrigation faisant économie de l'eau (par exemple la micro-irrigation) et la technologie de l'IIA, qui, a priori, ne peut pas se faire sans dispositif d'irrigation par submersion ou de stockage d'eau.

Dans les plaines inondables en Afrique de l'Ouest, qui, selon les études, manquent de substances nutritives essentielles pour les cultures (N, P and K) (Buri *et al.*, 1999), l'utilisation de l'effluent provenant des activités aquacoles pourrait permettre de «fertiliser et irriguer» les cultures pendant les saisons sèches (Valencia *et al.* 2001, exemple de cultures fourragères dans les îles Vierges des États-Unis d'Amérique). D'après Edwards (1998), la meilleure perspective de la mise en œuvre des systèmes d'aquaculture dans les eaux usées est dans les pays arides et semi-arides où il y a de plus en plus de pression pour la réutilisation de l'eau.

Atténuation des effets de la salinisation des terres

La salinisation reste l'un des nombreux problèmes qui confrontent les systèmes d'irrigation à travers le monde et elle est provoquée en partie par une utilisation excessive de l'eau (Agnew et Anderson, 1992). En Afrique de l'Ouest, la dégradation du sol par le sel causé par l'irrigation représente une menace majeure pour la viabilité de la riziculture dans des conditions semi-arides (van Asten *et al.*, 2003). L'utilisation d'eau saline

pour l'irrigation affecte les rendements mais les mesures visant à réhabiliter les terres salines ou à réduire les niveaux de salinité de l'eau d'irrigation sont souvent trop coûteuses pour les exploitants à petite échelle. Cette situation en plus d'un sol détrempe et d'un manque de disponibilité en eau pour l'irrigation se conjuguent pour appauvrir encore les terres et les laisser en friche (J. Gowing, communication personnelle, 2003).

Cependant, l'amélioration de la production alimentaire nécessitera la transformation des terres marginales pour d'autres usages en les rendant appropriés à des technologies susceptibles d'augmenter l'efficacité de l'utilisation des substances nutritives grâce à l'intégration des mécanismes de gestion et de recyclage des substances nutritives ainsi que l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau en développant et en adoptant la récolte des eaux, le recyclage et l'irrigation (Lal, 2000). Il a été suggéré que le coût de creuser un réservoir (ou un étang) sur la ferme dans les terres cultivables, était inférieur à l'utilisation du même terrain à des fins agricoles (Brugère et Little, 1999). Le coût d'opportunité des terres salines en friche serait faible à fortiori. Il s'agit là d'un élément qui soutient le fait que la productivité des zones dégradées par la salinité pourrait être améliorée en empoissonnant des étangs avec des espèces d'eau douce résistantes à l'eau salée et l'eau de l'étang pourrait être utilisée pour irriguer des cultures offrant une plus haute résistance à l'eau salée (par exemple sorgho, arachide, petit mil). En Égypte, les terres affectées par la salinité, et qui ont été mises en valeur, étaient cultivées avec des inondations continues et étaient aussi utilisées pour la production piscicole. Ultérieurement elles ont été transformées pour pratiquer la riziculture (Halwart, 1998).

Conservation et utilisation durable des zones humides

Les zones humides à travers le monde fournissent un grand choix de fonctions et d'avantages de grande valeur mais elles sont menacées par la surexploitation et les développements peu judicieux, dont les plus importants sont la construction de barrages et l'aménagement des zones humides pour l'irrigation moderne intensive (Hollis *et al.*, 1988). Il y a de plus en plus de preuves que les systèmes d'irrigation à grande échelle sont souvent moins efficaces que les systèmes traditionnels extensifs qui soutiennent les cultures, le pâturage et les activités de pêches, comme cela a été démontré en faisant la comparaison de la productivité

dans la plaine d'inondation naturelle du delta intérieur du fleuve Niger et le programme de riziculture irriguée de l'Office du Niger au Mali (Drijver et Marchand, 1985; cité en Hollis *et al.*, 1988). Il est donc possible que les zones humides aménagées de façon extensive puissent fournir un environnement mieux adapté au développement des activités à petite échelle de l'IIA, qui doivent également être au diapason avec les principes de conservation et d'utilisation durable des zones humides, comme il est précisé dans la Convention de Ramsar.

Demande, marchés et traitement des poissons

Les aspects de traitement et de commercialisation d'une marchandise qui doit être produite en grandes quantités sont des facteurs considérables en matière de réussite et de développement des activités de l'IIA. Au Burkina Faso, où le poisson sec est fréquemment ajouté aux repas préparés, des changements dans la composition diététique ont été signalés, en passant des produits traditionnels pour s'adapter aux produits commercialisés (Lykke *et al.*, 2002). Cette situation suggère que les produits piscicoles, en particulier provenant de l'aquaculture, doivent répondre à une demande croissante de produits transformés avec valeur ajoutée après la récolte (l'ensemble de la production de l'aquaculture à petite échelle en Afrique est vendue fraîche, par opposition aux pêches qui sont soumises à la transformation après la récolte telle que le fumage, le grillage, ou le séchage [Chimatiro, 1998]). Cependant ces transformations présentent des risques pour la santé étant donné qu'il n'existe pas de normes régissant la transformation ou que de telles normes ne sont pas respectées (*ibid.*). Ainsi les espèces telles que le poisson-chat ne seraient pas protégé contre les dermatites uniquement par le séchage au soleil (Lal and Sastawa, 1996).

Il a été démontré que l'amélioration de l'infrastructure de traitement entraîne une amélioration dans la transformation, la commercialisation et la demande pour les produits piscicoles au Ghana (Mensah, 1990). En outre, le rôle du secteur privé dans la transformation des poissons et le rôle des femmes en tant qu'agents de commercialisation de la production aquacole doivent être soulignés (Jaffee, 1995; Gladwin, 1980). Cela serait particulièrement important dans la promotion et le décollage de l'IIA et la création d'une demande soutenue pour les poissons. Cependant, Hecht et de Moor (sans date) ont insisté sur le fait que les résultats des études sur la commercialisation

ancienne de poissons spécifiques et préférés à un endroit ne doivent être interprétées comme étant applicables à l'ensemble de l'Afrique subsaharienne et que les préférences des consommateurs doivent être examinées là où la promotion de l'aquaculture est faite, et les pratiques agricoles et les choix d'espèces doivent être modifiés en conséquence.

Allocation optimale et établissement du prix de l'eau d'irrigation

Une distinction a été faite entre l'utilisation optimale et l'allocation de l'eau parmi les usagers, sur la base de l'analyse des échanges socioéconomiques – dont l'IIA fait partie et l'établissement du prix de l'eau, instrument de politique pour la gestion de la demande et le recouvrement des frais (Hellegers, 2002). Une autre distinction concerne l'allocation efficace et l'allocation optimale (*ibid.*), comme il est dit dans les deux principes essentiels de gestion de l'eau, et pourtant antagonistes: l'efficacité, c'est à dire le montant de richesse générée par une ressource donnée, et l'équité, l'impartialité de l'allocation en faveur des groupes économiquement disparates (Dinar *et al.*, non daté). L'eau d'irrigation est un cas spécial parce que, par rapport aux usages alternatifs, elle comporte des coûts d'option élevés, quand bien même la capacité de payer le prix de l'eau d'irrigation est limitée, particulièrement dans l'agriculture à faibles ressources et dans les zones qui dépendent de l'irrigation (Hellegers, 2002).

Les approches suscitées par la demande ont été conseillées pour fournir aux familles les services d'approvisionnement en eau qu'elles souhaitent et pour lesquelles elles sont disposées à payer le prix (Whittington *et al.*, 1998). L'établissement du prix par quantité d'eau d'irrigation a été envisagé dans la gestion de l'irrigation (World Bank, 2003), avec un plaidoyer pour passer d'un prix pour la superficie du terrain irrigué, à des prix pour le volume d'eau utilisée (Rosegrant, 1997; Rosegrant et Perez, 1997). Ce processus présente toutefois des difficultés en ce qui concerne la mise en œuvre, l'application, le consentement des usagers ainsi que la légitimité globale dans les pays en développement (Molle, 2001; Perry, 2001), étant donné notamment que les pêches et les activités aquacoles ont tendance à être négligées dans les scénarios de demande future et de gestion de l'eau (voir Rosegrant *et al.*, 2002; Rosegrant et Ringler, 1999). La situation des pêches et de l'aquaculture en tant qu'activités qui ne consomment pas d'eau compliquerait encore les questions relatives à l'établissement du prix de l'eau.

Les défis à relever dans le développement futur de l'IIA

Haylor (1994: 92) suggère que: «pour évaluer la faisabilité spécifique d'une situation, il est nécessaire de quantifier combien il est approprié de procéder à l'intégration des objectifs principaux de la production piscicole et du premier objectif de chaque système (par exemple le transport de l'eau dans les canaux de fourniture pour l'irrigation). Il serait nécessaire de tenir compte des caractéristiques majeures du système, des coûts et des avantages de l'intégration, des types d'espèces de poissons qui seraient appropriés, des pisciculteurs (exploitants) potentiels, de l'ampleur de l'investissement.» Cependant la réalisation de cela passera par des efforts visant à relever un certain nombre de défis.

Les défis techniques à relever

Il y a beaucoup de défis techniques à relever afin de permettre l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture dans le cas de systèmes conçus pour l'irrigation à maîtrise totale, à cause du manque de flexibilité dans la gestion de ces systèmes, en particulier s'il s'agit de systèmes à grande échelle. La fiabilité de l'approvisionnement en eau est une contrainte cruciale pour l'intégration de l'aquaculture en raison de la réponse lente des longs canaux d'irrigation aux ajustements opérationnels, aux variations de la pluviométrie à travers les vastes zones de contrôle pour l'irrigation et en raison des mauvaises communications entre le personnel de l'exploitation, entraînant des difficultés de coordination dans les actions de gestion pour assurer un approvisionnement en suffisant pour alimenter les populations piscicoles. En outre, la fiabilité des conditions qui conviennent à l'aquaculture dépend de décisions portant sur la conception et l'exploitation, qui influent sur la continuité de fourniture et/ou de stockage.

Quand des cages sont utilisées dans les canaux d'irrigation, on doit aussi tenir compte des aspects d'ingénierie tels que le débit à l'intérieur des cages et son impact sur l'élevage, les forces de traînée et les impacts sur l'écoulement dans les canaux, l'impact sur la capacité de transport du canal et sur la performance opérationnelle ainsi que l'ingérence éventuelle dans les activités d'entretien. La conception de cages adaptées aux conditions hydrauliques les plus répandues risquent d'être nécessaires (Li *et al.*, 2005). La morphologie et la pente des canaux influenceront aussi sur le choix du site où poser les cages.

En principe, la mise en place de stockage secondaire doit réduire l'iniquité de la répartition

de l'eau entre les sections en amont et en aval des systèmes d'irrigation (Brugère et Lingard, 2003), tout en fournissant des opportunités pour le développement de l'aquaculture contrairement aux systèmes d'irrigation à grande échelle sans stockage (Li *et al.*, 2005). Cependant, cela sera possible seulement si les procédures d'exploitation réduisent les fluctuations rapides dans le stockage de l'eau, comme cela a été observé au Sri Lanka, car cela n'augmente pas l'efficacité de l'irrigation et constitue un obstacle grave à l'intégration de la pisciculture dans les structures de stockage (Gowing *et al.*, 2004). Même pour satisfaire les usages qui ne gaspillent pas l'eau, la gestion polyvalente s'avère complexe et difficile. L'efficacité et les objectifs d'équité sont souvent incompatibles. Désormais, l'aquaculture fait entrer en ligne de compte une autre variable (Brugère, 2002).

Quelles technologies de l'IIA doit-on promouvoir et où est-ce qu'on peut entamer leur promotion?

L'accent doit être mis sur le développement de l'IIA dans les systèmes d'irrigation à petite échelle, étant donné que ces systèmes exigent des modifications mineures permettant d'intégrer la production piscicole. Les agriculteurs eux-mêmes peuvent s'occuper de ces modifications qui sont plus facilement soutenues que les changements importants à grande échelle (Haylor, 1994). Dans ce contexte, la rizipisciculture dans les bas-fonds et dans les plaines inondables semble l'activité la plus facile et la plus aisée à réaliser. La construction des étangs piscicoles dans les bas-fonds, dans les plaines inondables et dans les systèmes d'irrigation à maîtrise totale, pourrait être aussi relativement facile, quoique cela soit hors de portée des agriculteurs individuels dont les ressources sont limitées, car la construction exige des investissements considérables pour la transformation des terres. Les systèmes d'irrigation à grande échelle présentent de grandes possibilités «théoriques», avec l'avantage d'être accessible à ceux qui ne possèdent pas de terrain. Cependant, la promotion de l'intégration de l'aquaculture dans ces systèmes exigera des efforts de collaboration entre les groupes d'usagers et les institutions qui gèrent l'eau (les instances de pêches et d'irrigation) pour assurer la gestion polyvalente de l'eau, aussi bien que les améliorations de la technologie aquacole.

Adoption de technologie

L'adoption de la technologie dépend de l'évaluation de deux questions distinctes, qui

sont pourtant liées l'une à l'autre. La première question est de savoir qui cibler comme groupe bénéficiaire, pouvant assurer la réussite à long terme et propager l'activité. La deuxième question est de savoir pourquoi certaines interventions sont adoptées, tandis que d'autres ne le sont pas. Paris (2002) en examinant les raisons pour lesquelles les technologies améliorées intégrées relatives aux cultures et aux animaux réussissent et échouent, a souligné le manque d'informations relatives aux impacts socioéconomiques de ces interventions sur les communautés rurales. Les raisons qu'elle donne pour la faible adoption peuvent aussi s'appliquer à l'aquaculture :

- manque de supports de semence;
- pénurie ou coût élevé de la main-d'œuvre fournie par les hommes dans les familles;
- manque de capital et peu d'accès au crédit formel permettant de procéder à l'investissement initial;
- forte concurrence entre l'élevage des animaux et les autres activités;
- efforts maigres en matière de recherches et de services de vulgarisation;
- manque de formation.

On doit ajouter à ces raisons d'autres éléments comme les contraintes de connaissances locales et de disponibilité de l'eau, aussi bien que les éléments dans le contexte de l'Afrique, à savoir, l'héritage des expériences aquacoles précédentes, les situations économiques nationales, les circuits de commercialisation, la perception des familles concernant la pénurie et la sécurité, et les formes de régimes fonciers et de sécurité pendant l'occupation, en particulier pour les femmes (Harrison, 1991). D'autres éléments, typiquement liés aux différents types de pisciculture, par exemple la mortalité piscicole et les évadés, le coût élevé des aliments, le braconnage des cages, la distance éloignée du plan d'eau, le manque de coopération entre les membres des familles ou des groupes d'aquaculteurs, ont contribué au manque d'intérêt et à l'abandon de la pisciculture (Bulcock et Brugère, 2000).

Le fait d'aborder seulement les contraintes techniques pourrait s'avérer insuffisant, étant donné que les taux d'adoption s'expliquent aussi par les caractéristiques de l'unité de prise de décision et des acteurs impliqués (qu'ils fassent partie de la famille ou non) (Solano *et al.*, 2001). L'intérêt et la faible adoption de la technologie aquacole peuvent être dus à une étude insuffisante ou à l'abandon du rôle des femmes dans la prise de décision familiale et

dans la génération des revenus, aussi bien qu'à une technologie mal adaptée à leurs besoins, et que les hommes se sont rapidement appropriés (Suwanrangi, 2001).

En ce qui concerne les étangs construits dans les systèmes d'irrigation à maîtrise totale en Zambie et en Tanzanie, Van der Mheen (1999) a suggéré une méthode permettant d'analyser et d'assurer le suivi de la perception des agriculteurs et des critères d'adoption de l'activité. Alors que les critères physiques et environnementaux influent sur la participation et sur l'incitation des gens à adopter l'activité, d'autres facteurs liés à l'engagement dans l'activité (disponibilité de main-d'œuvre familiale, intrants, informations), l'adoption d'innovations (avantage relatif, compatibilité, complexité, susceptible d'être porté en justice et observance) et les besoins des agriculteurs (en protéines, diversification et allocation flexible de l'eau) passaient avant tout par la réussite de l'IIA. Il a été démontré que les conditions qui conviennent ont fait accroître les taux d'adoption, mais il a été précisé qu'une topographie défavorable n'a pas spécialement affecté la participation comme on pourrait le supposer: les agriculteurs ont construit les étangs, même sur de fortes pentes. Cependant, la compatibilité de la pisciculture dans les systèmes d'irrigation vulnérables à des pénuries d'eau, la complexité de la technologie et la difficulté d'essayer l'activité à titre indépendant, et ce, à petite échelle, limitent l'intégration des étangs dans les systèmes de distribution d'eau, entraînant une préférence pour les étangs piscicoles indépendants. Les taux d'adoption ont augmenté dans les régions où au moins deux des besoins évalués (protéines, diversification et allocation flexible de l'eau) se sont manifestés modérément ou fortement chez les agriculteurs et leurs familles. Du point de vue des agriculteurs, les avantages engendrés par une source d'eau indépendante l'emporteraient sur les avantages sous forme de poissons et de revenu. Cependant, cette attitude ne doit pas être considérée comme étant un obstacle au développement de l'aquaculture dans les structures d'irrigation, étant donné que les poissons fournissent toujours un «plus» aux familles. En tant qu'activité permettant d'«épargner les poissons dans les étangs pour les cas d'urgence» plutôt que d'augmenter la productivité des étangs (Harrison 1991), l'adoption à long terme de la technologie aura beaucoup plus de chances de réussir quand les agriculteurs décideront quelle technologie ils souhaiteraient utiliser, sans se soucier de sa productivité par rapport à d'autres activités (Brummett and Noble, 1995).

Les défis socioéconomiques à relever

De nombreux défis socioéconomiques à relever sont liés à la prise des bonnes décisions au début des initiatives, en ce qui concerne les destinataires cibles de l'activité. Comme il est précisé ci-dessus, il s'agit là aussi d'un déterminant clé des taux d'adoption future. Ces décisions sont toutefois bouleversées par des choix politiques et leurs implications à des niveaux macroéconomiques, en particulier par rapport aux priorités du développement national et les politiques qu'un pays souhaite mettre en place.

Qui doit-on cibler?

Ceux qui sont très pauvres ou ceux qui sont un peu plus riches?

L'objectif de l'accroissement de la productivité pourrait être réalisé seulement en partie si les avantages ne sont pas partagés par ceux qui sont très pauvres ou par d'autres groupes défavorisés. Cependant, le fait de cibler les plus pauvres dans les efforts de développement de l'aquaculture a été remis en question (A. Coche, communication personnelle, 2003; Hecht, 2002; Wijkström, 2001). Cela ne veut pas dire que les plus pauvres doivent être exclus des processus de développement de l'aquaculture et de l'irrigation: ils pourraient initialement en bénéficier de façon indirecte par l'augmentation de poissons disponibles à meilleur marché. Mais les coûts élevés du développement de l'irrigation, voire même l'irrigation à petite échelle, et le gros risque lié à certaines technologies de l'IIA (par exemple les cages piscicoles dans les canaux) pourraient rendre l'IIA initialement peu intéressante pour les groupes les plus pauvres (Brugère, 2003). Cependant, au fur et à mesure que la technologie s'améliore et s'adapte aux systèmes locaux d'irrigation, et que le coût baisse au fil du temps, avec un plus grand nombre de familles plus riches qui pratiquent l'activité, cela deviendra une activité alternative pour les pauvres qui ne disposent pas de ressources, pourvu que leur accès aux structures d'irrigation et aux intrants aquacoles soit assuré.

Ceux qui ne possèdent pas de terrain ou les propriétaires fonciers?

Les systèmes d'irrigation à grande échelle alimentent seulement une minorité d'agriculteurs du monde (Haylor, 1994). L'accès aux systèmes d'irrigation à grande échelle est une contrainte importante pour les personnes pauvres qui ne possèdent pas de terrain et qui souhaitent participer aux activités aquacoles. Bien que

l'importance de ceux qui ne possèdent pas de terrain ne soit pas aussi importante en Afrique que dans d'autres régions à travers le monde (A. Coche, communication personnelle 2003), la prémisses de la rizipisciculture est que les rizières sont disponibles, et ceux qui ne possèdent pas de terrain sont exclus de l'activité. Des contraintes similaires s'appliquent à la construction des étangs piscicoles avec l'exigence supplémentaire de l'accès et du prix abordable à une source d'eau (par exemple les pompes ou les puits). Ces limitations, qui ne s'appliquent pas de la même façon aux systèmes d'irrigation à grande échelle, auxquels ceux qui ne possèdent pas de terrain peuvent avoir accès et qu'ils peuvent utiliser à d'autres fins que l'irrigation, réduisent les possibilités de l'aquaculture comme point d'entrée pour la réduction de la pauvreté au sein de ce groupe.

Les hommes ou les femmes?

Jusqu'ici, une grande partie du développement de l'aquaculture et de l'irrigation a ciblé les hommes, tout en dissimulant le fait que les femmes jouent un rôle considérable dans la gestion des deux activités, en particulier l'aquaculture à petite échelle pour la consommation familiale (Harrison, 1991). Le fait de cibler les hommes ou les femmes a des implications pour la formation, étant donné que les agents de vulgarisation sont d'habitude des hommes (*ibid.*). Le fait de travailler avec les femmes permettrait d'adopter plus rapidement une nouvelle activité, quand la nonchalance des hommes retarde le processus, comme il a été démontré durant la mise en œuvre de la coopération sud-sud du Programme spécial pour la sécurité alimentaire au Sénégal (FAO, 2002c).

Les familles pratiquant la pêche ou les activités basées sur le terrain?

Le développement de l'aquaculture traditionnelle s'est concentré sur les exploitants de cultures en plein champ et sur les activités basées sur le terrain comme les étangs piscicoles. Les pêcheurs pourraient avoir presque les mêmes habitudes que les «chasseurs-ramasseurs» et ont des qualités exceptionnelles qui doivent être examinées soigneusement, s'ils sont ciblés par les activités aquacoles dans les réservoirs d'irrigation par exemple (Balarin *et al.*, 1998). Si l'aquaculture, et en particulier, l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture, sont reconnues comme étant une branche de l'exploitation agricole et non comme des activités de pêche, cela aura aussi des implications pour la vulgarisation comme en Afrique subsaharienne, où la plupart des programmes dépendent d'agents ayant

Tableau 2. Échanges dans le développement aquacole dans les systèmes d'irrigation (Brugère, 2003).

Fourniture d'eau en saison sèche/moyens d'existence améliorés	contre	Épuisement de nappe phréatique (dommages environnementaux)
Cultures pluviales adaptées aux pénuries d'eau pour subsistance	contre	Cultures commerciales irriguées à exploiter pour revenu national
Adoption d'aquaculture par les familles riches et ciblant l'aquaculture dans les zones où le soutien des réseaux existe, soit, promotion d'aquaculture «commerciale»	contre	Réduire le fossé entre riches et pauvres, créer opportunités pour les plus pauvres, soit, soutenir «l'objectif pauvreté» du développement international
Fournir l'assistance (subventions)	contre	Motivations d'esprit d'entreprise (crédit)
Production piscicole pour les marchés locaux et pour la nutrition améliorée	contre	Activités valeur ajoutée et prix élevés pour les habitants urbains

des connaissances sur la pêche et très peu de notions sur les systèmes d'exploitation agricole (Harrison, 1991).

Les micropriorités ou les macropriorités?

Avec la promotion de toutes les formes d'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture, les décideurs seront pris dans un dilemme en matière de politique. Sur le plan microéconomique le premier défi à relever est d'aborder le manque habituel de coïncidence entre toutes les ressources nécessaires, telles que l'eau, le terrain et la disponibilité de main-d'œuvre en particulier, en ce qui concerne les familles plus pauvres. Le deuxième défi à relever porte sur la contribution de l'activité à l'amélioration des revenus, de la nutrition et du bien-être. Sur le plan macroéconomique, les bailleurs de fonds aussi bien que les gouvernements auront des difficultés en ce qui concerne les échanges et les choix à faire en matière de définition d'un ordre de priorité pour les interventions au niveau de la base et pour la mise en œuvre des instruments de politique sur le plan national (tableau 2). L'aquaculture dans les systèmes d'irrigation peut être une activité intéressante et une priorité pour la réduction de la pauvreté. Mais le fait de surmonter les échanges impliqués dans sa promotion sera crucial pour l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau et de l'équité, et pour réussir à réduire la vulnérabilité des pauvres en milieu rural. Tout dépend finalement des gouvernements et des décisions des agences de développement.

Conclusion

Résumé des résultats

Les possibilités de l'intégration de l'irrigation et l'aquaculture existent à travers l'Afrique de l'Ouest. Un grand nombre des contraintes identifiées sont courantes dans tous les pays

et elles sont d'habitude liées aux contraintes dans le développement de l'irrigation ou de l'aquaculture. Elles se présentent ci-après par ordre d'importance décroissante, en fonction de la fréquence de leur mention dans l'annexe 1:

1. Manque de vulgarisation/soutien technique – conflit/concurrence pour les ressources (d'eau);
2. Faible disponibilité de crédit;
3. Manque d'informations – soutien/direction du gouvernement – coûts élevés du développement de l'irrigation – présence de pesticides dans les cours d'eau – conditions climatiques/hydrographiques défavorables – facteurs socioéconomiques;
4. Manque d'alevins et d'aliments piscicoles;
5. Manque d'expérience en aquaculture et en rizipisciculture – manque de financement par les bailleurs de fonds internationaux.

Certaines questions, dont chacune affecte de façon positive ou négative les possibilités du développement de l'IIA en Afrique, ont été examinées. Les préoccupations de santé suscitées par les maladies d'origine hydrique dans les systèmes d'irrigation pourraient être limitées par la bonne combinaison des espèces de poissons utilisés comme agents de lutte biologique contre les vecteurs de maladies. Les évaluations de la présence des polluants dans les sources d'eau utilisées pour l'irrigation doivent être effectuées avant l'introduction de l'aquaculture. Les impacts positifs de l'élevage de poissons dans les rizières l'emportent sur les impacts négatifs. La conception des terrains peut être changée de façon relativement facile pour contenir et retenir les stocks de poissons, y compris l'utilisation d'un étang en amont ou en aval de la rizière pour l'aquaculture. Les eaux usées peuvent être utilisées à la fois pour l'irrigation et pour l'aquaculture après un petit traitement. Cette option pourrait convenir dans beaucoup de zones urbaines (l'eau pour les jardins et la production piscicole).

Les impacts humains et environnementaux liés à la construction des barrages ont retardé le rythme du développement de l'irrigation par l'intermédiaire des grands systèmes d'irrigation, ce qui pourrait constituer une contrainte aux possibilités de l'IIA. La priorité est accordée à la réhabilitation des systèmes existants ou à l'amélioration des systèmes à petite échelle (Alam, 1991), qui, en fait, conviennent plus à la mise en œuvre des activités de l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture et des principes de conservation des zones humides.

La commercialisation et la transformation des poissons de la production par élevage s'inscrivent dans un domaine qui mérite l'attention afin d'assurer la bonne conservation des poissons pour la sécurité des consommateurs et pour le maintien ou l'amélioration des avantages de ceux qui sont impliqués dans les activités après les récoltes, c'est à dire, les femmes, au fur et à mesure que la production piscicole et l'offre du marché augmentent. Dans une optique plus large, un autre élément qui mérite autant d'attention est la question de l'établissement du prix de l'eau d'irrigation (redevance), qui pourrait devenir beaucoup plus complexe avec l'introduction d'une activité qui ne gaspille pas l'eau, mais qui en dépend, et qui pourrait retarder l'adoption et la promotion de l'IIA par les gouvernements nationaux.

Il existe donc des opportunités de développement des activités de l'IIA, mais les opportunités sont propres à chaque pays. En général, les opportunités semblent prévaloir dans les systèmes d'irrigation à petite échelle, (existants ou réhabilités) et gérés par la communauté ou par les exploitants agricoles, qui présentent la flexibilité nécessaire à la gestion polyvalente de l'eau et qui favorisent la participation des parties prenantes locales. La simplicité technique relative à la rizipisciculture et la connaissance de la plupart des exploitants agricoles de riz, de l'irrigation et des populations des poissons sauvages constituent des avantages qui doivent être renforcés. Ce type d'intégration pourrait présenter un avantage sur les systèmes intégrés plus complexes comme les cages piscicoles dans les canaux, qui exigent des intrants techniques plus grands et qui sont des entreprises hasardeuses.

Il est toutefois important, dans une perspective de recherches, qu'aucune des options IIA ne soit abandonnée en faveur d'autres considérées comme prioritaires en ce qui concerne leur promotion, uniquement sur la base de critères de «simplicité», étant donné que beaucoup d'autres facteurs influent sur les interventions techniques. Parmi ces facteurs on doit citer les dimensions

sociales, culturelles et économiques. La plupart des études de cas ont démontré que le manque de considération de ces dimensions entraîne l'échec, des résultats en-deçà des attentes ou une faible adoption de la technologie. Bien qu'elle soit limitée, une recherche en documentation a fourni une idée sur les aspects techniques liés à la mise en œuvre des activités de l'IIA sur le terrain. Les impacts socioéconomiques de l'activité, là où elle a été essayée, ont été cependant à peine étudiés ou documentés. Sans oublier que le total des possibilités (irrigation+aquaculture) n'est pas égal aux possibilités de l'intégration de l'irrigation et l'aquaculture, il est nécessaire de faire plus de recherches afin d'aborder ces questions, en même temps que les impacts sur les moyens d'existence, l'adoption de la technologie, le genre et les aspects de la commercialisation relatifs à l'introduction de l'IIA.

Remarques finales

Reproduire les leçons et les expériences provenant d'Asie n'a pas toujours réussi sur le continent africain, étant donné sa diversité culturelle et ses spécificités environnementales. Il est nécessaire de changer la situation où le développement de l'aquaculture dépend des bailleurs de fond pour le financement afin de permettre de s'orienter vers des interventions privées, individuelles et basées sur les initiatives des exploitants agricoles et sur leurs ressources. Ce changement aidera à éviter de planifier les activités en les fondant sur des suppositions inexactes de disponibilité de main-d'œuvre et de ressources, de production pour consommation familiale et de facilité de la pisciculture (FAO, 2000b). En donnant plus de flexibilité et plus de temps pour les changements et pour les initiatives des exploitants agricoles, la viabilité et l'adoption des activités de l'IIA pourraient mieux réussir que les projets précédents de développement de l'aquaculture.

Cependant, l'IIA ne doit pas être perçue comme étant un changement entièrement nouveau. L'IIA se manifeste de façon «naturelle», sous des formes plus simples (un étang retient naturellement quelques poissons, il est utilisé pour arroser le jardin), dans beaucoup de régions en Afrique et dans le monde entier. Si les objectifs sont fixés pour développer et pour renforcer l'activité, ils doivent initialement se concentrer sur la consolidation d'une base de connaissances sur l'intégration de l'aquaculture et de l'irrigation. Cela s'avère plus important, en matière d'adoption de la technologie, que, par exemple, l'augmentation du nombre d'étangs ou le chiffre élevé de la production piscicole, parce que cela contribuera à faire durer l'activité plus

longtemps après le départ de l'assistance des bailleurs de fonds (Harrison, 1991).

Références

- Agnew, C. & Anderson, E.** 1992. *Water resources in the arid realm*. London, Routledge.
- Agro-Ind.** 2002. Fisheries and aquaculture industries in Guinea (disponible à www.agro-ind.com/html_en/guinea22.html).
- Ahmed, M. and Lorica, M.H.** 2002. Improving developing country food security through aquaculture development - lessons from Asia. *Food Policy*, 27: 125-141.
- Alam, M.** 1991. Problems and potential of irrigated agriculture in sub-Saharan Africa. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering - ASCE*, 117(2): 155-172.
- Ali, A.B.** 1990. Some ecological aspects of fish populations in tropical rice fields. *Hydrobiologia*, 190: 215-222.
- Ampofo, J.A. & Zuta, P.C.** 1995. Schistosomiasis in the Weija Lake: A case study of the public health importance of man-made lakes. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 1(3): 191-195.
- Balarin, J.D.** 1984. National reviews for aquaculture development in Africa. 3. Sierra Leone. *FAO Fisheries Circular 700/3*. Rome, FAO.
- Balarin, J.D., Lomo, A. & Asafo, C.A.** 1998. Aquaculture defined in animal husbandry terms: A case study from Ghana. Dans L. Coetzee, J. Gon, & C. Kulongowski, édés. *African Fishes and Fisheries Diversity and Utilisation. Poissons et Pêches Africains, Diversité et Utilisation*. Grahamstown, FISA/PARADI Publication, p. 191.
- Bamba, A. & Kienta, M.** 2000. Intégration irrigation aquaculture: Étude de cas de Dagawomina. Programme Spécial pour la Sécurité Alimentaire (PSSA- Mali). Consultancy Report. Rome, FAO.
- Bamba, A. & Kienta, M.** 2001. Annex 6 - Intégration irrigation aquaculture au Mali. Dans J.F. Moehl, I. Beernaerts, A.G. Coche, M. Halwart & and V.O. Sagua, édés. Proposal for an African Network on integrated irrigation and aquaculture. Proceedings of a workshop held in Accra, Ghana, 20-21 September 1999. Rome, FAO, pp. 42-48.
- Beveridge, M.C.M.** 1987. *Cage Aquaculture*. Oxford, Fishing News Books.
- Beveridge, M.C.M. & Phillips, M.J.** 1987. Aquaculture in reservoirs. Dans *Reservoir Fishery Management and Development in Asia*. Proceedings of a workshop held in Kathmandu, Nepal, 23-28 November 1987. Ottawa, International Development and Research Centre, pp. 245-258.
- Biney, C., Calamari, D., Maembe, T.W., Naeve, H., Nyakageni, B. & Saad, M.A.H.** 1994. Bases scientifiques du contrôle de la pollution. Dans D. Calamari, & H. Naeve, édés. *Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain. CPCAA Technical Report 25/ Document Technique du CPCAA 25*. FAO, Rome (also available at www.fao.org/docrep/005/V3640F/V3640F00.htm).
- Brugère, C.** 2003. *The integration of poverty-focused aquaculture in large-scale irrigation systems in South Asia: Livelihoods and economic perspectives*. University of Newcastle, Newcastle-upon-Tyne (PhD thesis).
- Brugère, C. & Lingard, J.** 2003. Irrigation deficits and farmers' vulnerability in Southern India. *Agricultural Systems*, 77: 65-88.
- Brugère, C. & Little, D.C.** 1999. An approach to valuing ponds within farming systems for aquaculture. Output to Project R7064, Stirling, Institute of Aquaculture (disponible à www.dfid.stir.ac.uk/Afgrp/projects/r7064/outputs/pondvalu.pdf).
- Brummett, R.E. & Noble, R.** 1995. Aquaculture for African smallholders. *ICLARM Technical Report 46*, Manila, ICLARM.
- Bulcock, P. and Brugere, C.** 2000. Identifying research methods in adoption of cage culture, Bangladesh. *Aquaculture News*, 26: 7-9.
- Buri, M.M., Ishida, F., Kubota, D., Masunaga, T. & Wakatsuki, T.** 1999. Soils of floodplains of West Africa: General fertility status. *Soil Science and Plant Nutrition*, 45(1): 37-50.
- Chambers, R.** 1988. *Managing Canal Irrigation. Practical Analysis from South Asia*. Wye Studies in Agricultural and Rural Development. Cambridge, Cambridge University Press.
- Chimatiro, S.K.** 1998. Aquaculture production and potential for food safety hazards in sub-Saharan Africa: with special reference to Malawi. *International Journal of Food Science and Technology*, 33 (2): 169-176.
- Chiotha, S.S.** 1995. Bilharzia control in fish ponds as a key to sustainable aquaculture development. Dans Fisheries Society of Africa. *Sustainable Development of Fisheries in Africa*. Pan-African Fisheries Congress on Sustainable Development of Fisheries in Africa, Nairobi (Kenya), 31 July - 4 August 1995. Nairobi, FISA, pp. 86-87.
- Chiotha, S.S. & Jenya, C.** 1991. The potential of fish ponds in bilharzia (Schistosomiasis) transmission. Dans B.A. Costa-Pierce, C. Lightfoot, K. Ruddle & R.S.V. Pullin, édés.

- Aquaculture research and development in rural Africa*. Summary report on the ICLARM-GTZ/Malawi Fisheries Department/University of Malawi Conference, Zomba, Malawi, 2-6 April 1990. ICLARM Conference Proceedings 27. Manila, ICLARM, p. 21.
- Coche, A.G.** 1998. Supporting aquaculture development in Africa: research network on integration of aquaculture and irrigation. *CPCAA Occasional Paper* 23. Accra, FAO. 141p.
- Coche, A.G. & Pedini, M.** 1998. Establishment of a research network on the integration of aquaculture and irrigation. *FAO Aquaculture Newsletter*, 19:10-13 (disponible à www.fao.org/DOCREP/005/W9542E/W9542e10.htm).
- Costa-Pierce, B. & Effendi, P.** 1988. Sewage fish cages of Kota Cianjur, Indonesia. *NAGA, the ICLARM Quarterly*, 11 (2): 7-9.
- Coulibaly, D.** 2000. Étude de cas d'intégration irrigation aquaculture (IIA) à Luenoufla (Région de Daloa) en Côte d'Ivoire. Consultancy Report, APDRA-CI. Rome, FAO.
- D'Amato, C., Torres, J.P.M. & Malm, O.** 2002. DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane): Toxicity and environmental contamination – A review. *Quimica Nova*, 25(2A): 195-1002.
- Diallo, A.** 1995. Fish-pen culture as a new production system in dammed valleys in mid-Casamance, Senegal. Dans Fisheries Society of Africa, *Sustainable Development of Fisheries in Africa*. Pan African Fisheries Congress on Sustainable Development of Fisheries in Africa, Nairobi (Kenya), 31 July - 4 August 1995. Nairobi, FISA, p. 196.
- Dike, E.** 1990. Problems of large-scale irrigation schemes in Nigeria. *Science, Technology and Development*, 8(3): 245-252.
- Dinar, A., Rosegrant, M.W. & Meinzen-Dick, R.** undatéd. Water allocation mechanisms - Principles and examples. Washington, DC, The World Bank (disponible à www.worldbank.org/html/dec/Publications/Workpapers/WP1700series/wps1779.pdf).
- Dua, V.K., Kumari, R. & Sharma, V.P.** 1996. HCT and DDT contamination of rural ponds of India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 57(4): 568-574.
- Edwards, P.** 1998. *Wastewater-fed aquaculture: state-of-the-art*. Paper presented at the international conference on Ecological Engineering, 23-27 November 1998, Science City, Calcutta, India (disponible à www.fao.org/ag/ags/agsm/sada/asia/docs/DOC/Edwards1.doc).
- Edwards, P.** 2000. Aquaculture, Poverty Impacts and Livelihoods. *Natural Resource Perspectives*, Number 56. London, Overseas Development Institute (disponible à www.odi.org.uk/nrp/56.html).
- Edwards, P. & D.C. Little.** 2003. Integrated livestock-fish farming systems. Rome, FAO (disponible à www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/Y5098E/Y5098E00.HTM).
- Egborge, A.B.M.** 1996. Natural constraints to inland fisheries development in Nigeria. Dans K.O. Adenji, éd. *Aquaculture in Africa/ Aquaculture en Afrique*. Lagos Organisation of African Utility (OAU)/Scientific, Technical and Research Commission (STRC), pp. 212-220.
- Ezenwa, B.I.O.** 1994. Aquaculture development and research in Nigeria. Dans A.G. Coche, éd. *Aquaculture development and research in sub-Saharan Africa*. National reviews. *CPCAA Technical Paper* 23 Supplement. Rome, FAO, pp.41-80.
- FAO.** 1996. Le Programme de contrôle de l'onchocercose ou cécité des rivières en Afrique de l'Ouest. SD dimensions, September 1996. Rome, FAO (disponible à www.fao.org/sd/FRdirect/LTre0003.htm).
- FAO.** 2000a. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2000. Rome, FAO. (disponible à www.fao.org/docrep/003/x8002f/x8002f00.htm).
- FAO.** 2000b. Des petits étangs font toute la différence. Intégrer le poisson aux cultures et à l'élevage du bétail. Service de la gestion des exploitations et de l'économie de la production et Service des ressources des eaux intérieures et de l'aquaculture, Rome, FAO (disponible à www.fao.org/docrep/003/x7156f/x7156f00.htm).
- FAO.** 2002a. Crops and Drops. Rome, FAO (disponible à www.fao.org/DOCREP/005/Y3918E/Y3918E00.HTM).
- FAO.** 2002b. The salt of the earth: hazardous for food production. World Food Summit: Focus on the issues. Rome, FAO (disponible à www.fao.org/worldfoodsummit/english/newsroom/focus/focus1.htm).
- FAO.** 2002c. Les idées vietnamiennes germent au Sénégal. Programme spécial pour la sécurité alimentaire. (disponible à www.fao.org/spfs/detail_event.asp?event_id=13519).
- FAO.** 2002d. Cameroon (disponible à www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/agpc/doc/riceinfo/AFRICA/Cameroon.HTM).
- FAO.** 2002e. Guinea (disponible à www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/agpc/doc/riceinfo/AFRICA/Guinea.HTM).
- FAO/ICLARM/IIRR.** 2001. Integrated agriculture – aquaculture: a primer. *FAO Fisheries Technical Paper* 407. Rome, FAO. 149 p. (disponible à www.fao.org).

- Fernando, C.H. & Halwart, M.** 2000. Possibilities for the integration of fish farming into irrigation systems. *Fisheries Management and Ecology*, 7: 45-54.
- Fletcher, M., Teklehaimanot, A. & Yemane, G.** 1992. Control of mosquito larvae in the port city of Assab by an indigenous larvivorous fish, *Aphanius dispar*. *ACTA Tropica* 52(2-3): 155-166.
- Fletcher, M., Teklehaimanot, A., Yemane, G., Kassahun, A., Kidane, G. & Beyene, Y.** 1993. Prospects for the use of larvivorous fish for malaria control in Ethiopia – Search for indigenous species and evaluation of their feeding capacity for mosquito larvae. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 96(1): 12-21.
- Friend, R.F. & Funge-Smith, S.J.** 2002. Focusing Small-Scale Aquaculture and Aquatic Resource Management on Poverty Alleviation. Bangkok, FAO Regional Office Asia and the Pacific.
- George, T.T.** 1976. Water pollution in relation to aquaculture in Sudan. In FAO/CPCAA, Supplement 1 to the report of the Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 30 September - 2 October 1975. Reviews and Experience Papers. *CPCAA Technical Paper* No. 4 (Supplement 1). FAO, Rome (disponible à www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B00.htm).
- Gladwin, H.** 1980. Indigenous knowledge of fish processing and marketing utilized by women traders of Cape Coast, Ghana. Dans D.W. Brokensha; D.M. Warren & O. Werner, éd. *Indigenous Knowledge Systems and Development*. Lanham, Maryland, University Press of America, pp. 131-150.
- Gnekpo, B. & Ziehi, A.D.** 2001. Annex 4 - Intégration irrigation aquaculture en Côte d'Ivoire. Dans J.F. Moehl, I. Beernaerts, A.G. Coche, M. Halwart & V.O. Sagua, éd. *Proposal for an African Network on integrated irrigation and aquaculture*. Proceedings of a workshop held in Accra, Ghana, 20-21 September 1999. Rome, FAO, pp. 30-36.
- Gowing, J.W., Li, Q., Gunawardhana, T.** 2004. Multiple use management in a large irrigation system: Benefits of distributed secondary storage. *Irrigation and Drainage Systems*, 18(1):57-71.
- Guerra, L.C., Bhuiyan, S.I., Tuong, T.P. & Barker, R.** 1998. Producing more rice with less water. *SWIM Paper* 5. Colombo, IWMI. (disponible à www.iwmi.cgiar.org/pubs/SWIM/Swim05.pdf).
- Halwart, M.** 1998. Trends in rice-fish farming. *FAO Aquaculture Newsletter* 18: 3-11 (disponible à ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/w8516e/w8516e00.pdf).
- Halwart, M.** 2001. Fish as biocontrol agents of vectors and pests of medical and agricultural importance. Dans IIRR, IDRC, FAO, NACA and ICLARM. *Utilizing different aquatic resources for livelihoods in Asia – a resource book*. International Institute of Rural Reconstruction, Silang, Cavite, Philippines, pp. 70-75.
- Halwart, M., Funge-Smith, S. & Moehl, J.** 2003. The role of aquaculture in rural development. In FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service. Review of the state of world aquaculture. *FAO Fisheries Circular* 886 (Rev. 2). Rome, FAO, pp. 47-58 (disponible à www.fao.org).
- Harrison, E.** 1991. Rethinking «failure»: fish ponds and projects in sub-Saharan Africa. Summary findings of ODA-supported research «Socio-Economics of African Aquaculture». School of African and Asian Studies, University of Sussex, Brighton.
- Haylor, G.S.** 1994. Fish production from engineered waters in developing countries. Dans Muir, J.F. & Roberts, R.J., éd. *Recent Advances in Aquaculture*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, pp. 1-103.
- Hecht, T.** 2002. Strategies and measures for sustainable aquaculture in sub-Saharan Africa. Paper presented at the World Aquaculture Conference, 23-27 April 2002, Beijing, China.
- Hecht, T. & de Moor, I.** non daté. Small-scale aquaculture in sub-Saharan Africa. Disponible à http://cdserver2.ru.ac.za/cd/011120_1/Aqua/SSA/main.htm.
- Hellegers, P.J.G.J.** 2002. *Treating water in irrigated agriculture as an economic good*. Paper submitted for the conference on Irrigation Water Policies, 15-17 June 2002, Agadir, Morocco.
- Hollis, G.E., Holland, M.M., Maltby, E. & Larson, J.S.** 1988. Wise use of wetlands. *Nature and Resources*, 26(1): 2-12.
- Hora, S.L. & Pillay, T.V.R.** 1962. Handbook of fish culture in the Indo-Pacific region. *FAO Fisheries Biology Technical Paper* 14, Rome, FAO.
- Hosetti, B.B. & Frost, S.** 1995. A review of the sustainable value of effluents and sludges from wastewater stabilization ponds. *Ecological Engineering*, 5(4): 421-431.
- Hussain, I. & Biltonen, E., éd.** 2001. Irrigation Against Rural Poverty: An Overview of Issues and Pro-Poor Intervention Strategies in Irrigated Agriculture in Asia. Proceedings of National Workshops on Pro-Poor Intervention Strategies in Irrigated Agriculture Areas in Asia. Colombo, IWMI.

- ICLARM & GTZ** 1991. The context of small-scale integrated agriculture-aquaculture systems in Africa: A case study of Malawi. *ICLARM Studies Review*, 18.
- Ingram, B.A., Gooley, G.J., McKinnon, L.J. & De Silva, S.S.** 2000. Aquaculture-agriculture systems integration: an Australian perspective. *Fisheries Management and Ecology*, 7: 33-43.
- Institute of Aquaculture.** 1998. An investigation of aquaculture potential in small-scale farmer-managed irrigation systems of Raichur District, Karnataka, India. *Working Paper 7*, DFID project R7064, Institute of Aquaculture, Stirling (disponible à www.dfid.stir.ac.uk/Afgrp/projects/r7064/outputs/wpind07.pdf).
- Ita, E.O.** 1976. Observations on the present status and problems of inland fish culture in some northern states of Nigeria and preliminary results of cage culture experiments in Kainji Lake, Nigeria. Dans Dube, J. and Gravel, Y., éd. Supplement 1 to the report of the Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 30 September - 2 October 1975. Reviews and Experience Papers. *CPCAA Technical Paper No. 4 (Supplement 1)*. Rome, FAO (disponible à www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B00.htm).
- Jaffee, S.** 1995. Fish mammals and tuna conglomerates: Private sector fish processing and marketing in Ghana. Dans S. Jaffee & J. Morton, éd. *Marketing Africa's High-Value Foods: Comparative Experiences of an Emergent Private Sector*. Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt Publishing Company, pp. 375-416.
- Jauncey, K. & Stewart, A.L.** 1987. The development of aquaculture in the Ismailia/Sinai regions of Egypt. Internal Report, Institute of Aquaculture, Stirling.
- Kabré, A.T.** 2000. Étude de cas d'intégration irrigation et aquaculture (IIA) à la Vallée du Kou et au périmètre irrigué de Bagré, Burkina Faso. Consultancy Report. FAO, Rome.
- Kabré, A.T. & Zerbo, H.** 2001. Annex 3 - Développement et recherche sur l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture au Burkina Faso. Dans Moehl, J.F., Beernaerts, I., Coche, A.G., Halwart, M. & Sagua, V.O., éd. *Proposal for an African Network on integrated irrigation and aquaculture*. Proceedings of a workshop held in Accra, Ghana, 20-21 September 1999. Rome, FAO, pp. 23-29.
- Kay, M.** 2001. Smallholder irrigation technology: prospects for sub-Saharan Africa. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage, *Knowledge Synthesis Report No.3*. Rome, IPTRID/FAO (disponible à www.fao.org/DOCREP/004/Y0969E/y0969e00.htm).
- Khalil, M.T. & Hussein, H.A.** 1997. Use of waste water for aquaculture: an experimental field study at a sewage-treatment plant, Egypt. *Aquaculture Research*, 28(11): 859-865.
- Kortenhorst, L.F.** 1985. The existing farming system: a neglected criterion for irrigation project design. Annual Report 1985. Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Kumah, D., Bagbara, D. & Ofori, J.K.** 1996. Rice-fish culture experiments in the Tono irrigation scheme. Dans Prein, M.; Ofori, J.K. & Lightfoot, C., éd. *Research for the future development of aquaculture in Ghana*. ICLARM Conference Proceedings No. 42. Manila, ICLARM, pp. 42-47.
- Kusiaku, A.Y.** 1976. Etat actuel de l'aquaculture au Togo. Dans: Dube, J. & Gravel, Y., éd. Supplement 1 to the report of the Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 30 September - 02 October 1975. Reviews and experience papers. *CPCAA Technical Paper No.4, Suppl. 1*. Rome, FAO (disponible à www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B06.htm#chI.A.15.5).
- Lal, R.** 2000. Soil management in the developing countries. *Soil Science*, 165(1): 57-72.
- Lal, N.E.S. & Sastawa, B.M.** 1996. The effect of sun-drying on the infestation of the African catfish (*Clarias gariepinus*) by post-harvest insects in the Lake Chad District of Nigeria. *International Journal of Pest Management*, 42 (4): 281-283.
- Li, Q.** 2002. *An investigation of integrated management of irrigation systems for agriculture and aquaculture*. University of Newcastle, Newcastle upon Tyne (PhD thesis).
- Li, Q., Gowing, J.W. and Mayilswami, C.** 2005. Multiple use management in a large irrigation system: an assessment of technical constraints to integrating aquaculture within irrigation canals. *Irrigation and Drainage*, 54(1): 31-42.
- Little, D.C. & Muir, J.F.** 1987. *A guide to integrated warm water aquaculture*. Stirling, Institute of Aquaculture Publications.
- Lykke, A.M., Mertz, O. & Ganaba, S.** 2002. Food consumption in rural Burkina Faso. *Ecology of Food and Nutrition*, 41(2): 119-153.
- Matthes, H.** 1978. The problem of rice-eating fish in the Central Niger Delta, Mali/Le problème des poissons rizophages dans le Delta central du Niger, Mali. Dans Welcomme,

- R.L., éd. Symposium on river and floodplain fisheries in Africa, Bujumbura, Burundi, 21 November–23 November 1977, Review and Experience Papers. *CPCAA Technical Paper* No. 5. Rome, FAO (disponible à www.fao.org/docrep/005/AC673B/AC673B00.htm).
- Mensah, E.M.** 1990. Fish marketing on Volta Lake, Ghana - Kpandu Torkor experience. *FAO Fisheries Report* 400, Supplement, pp. 281-284. Rome, FAO.
- Metcalfe, M.R.** 1995. Investing in aquacultural waste-water techniques for improved water-quality - A coastal community case-study. *Coastal Management*, 23(40): 327-335.
- Moehl, J.F., Beernaerts, I., Coche, A.G., Halwart, M. & Sagua, V.O.** 2001. Proposal for an African network on integrated irrigation and aquaculture. Proceedings of a Workshop held in Accra, Ghana, 20-21 September 1999. Rome, FAO. 75 pp.
- Molden, D.** 1997. Accounting for water use and productivity. *SWIM Paper* 1. Colombo, IWMI (disponible à www.iwmi.cgiar.org/pubs/SWIM/Swim01.pdf).
- Molle, F.** 2001. Water pricing in Thailand: theory and practice. Research Report No. 7, DORAS Centre. Bangkok, Kasetsart University.
- Niare, T., Kassibo, B & Lazard, J.** 2000. Quelle pisciculture mettre en œuvre au Mali, pays de pêche artisanale continentale? *Cahiers Agricultures*, 9 (3): 173-179.
- Njock, J.C.** 1994. Développement et recherche aquacoles au Cameroun. Dans Coche, A.G., éd. Aquaculture development and research in sub-Saharan Africa. National reviews. *CPCAA Technical Paper* 23, Supplement. Rome, FAO, pp.81-106.
- ODI.** non daté. Multi-Agency Partnerships in West Africa: Mali. London, Overseas Development Institute, Rural Policy and Environment Group (disponible à www.odi.org.uk/rpeg/mali_web_page.html).
- Okafor, I.I.** 1986. Fish production from aquatic weeds. *Proceedings of the Annual Conference of the Fisheries Society of Nigeria*, 3: 68-71.
- Oswald, M., Copin, Y. & Monteferrer, D.** 1996. Peri-urban aquaculture in Midwestern Côte d'Ivoire. Dans Pullin, R.S.V.; Lazard, J.; Legendre, M.; Amon Kottias, J.B. & Pauly, D. édés. The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture. *ICLARM Conference Proceedings* No. 41. Manila, ICLARM, pp. 525-536.
- Owusu, B.S. & Kuwornu, L.** 2001. Annex 5 - Integrated irrigation-aquaculture development and research in Ghana. Dans Moehl, J.F., Beernaerts, I., Coche, A.G., Halwart, M. et Sagua, V.O., édés. *Proposal for an African Network on integrated irrigation and aquaculture*. Proceedings of a workshop held in Accra, Ghana, 20-21 September 1999. Rome, FAO, pp. 37-41.
- Paris, T.R.** 2002. Crop-animal systems in Asia: socio-economic benefits and impacts on rural livelihoods. *Agricultural Systems*, 71: 147-168.
- Perry, C.J.** 2001. Charging for irrigation water: the issues and options, with a case study from Iran. Research Report 52. Colombo, IWMI.
- Petr, T.** 1992. Aquatic weeds in developing regions. Abstracts of the Aquatic Plant Management Society, Inc. Thirty-second Annual Meeting and International Symposium on the Biology and Management of Aquatic Plants, 12-16 July 1992, Daytona Beach, Florida.
- Prein, M.** 2002. Integration of aquaculture into crop-animal systems in Asia. *Agricultural Systems*, 71: 127-146.
- Prinsloo, J.F. & Schoonbee, H.J.** 1987. Investigations into the feasibility of a duck/fish/vegetable integrated agriculture/aquaculture system for developing areas in South Africa. *Water S. A.*, 13(2): 109-118.
- Prinsloo, J.F., Schoonbee, H.J. & Theron, J.** 2000. Utilisation of nutrient-enriched wastewater from aquaculture in the production of selected agricultural crops. *Water S. A.*, 1: 125-132.
- Pullin, R.S.V. and Z.H. Shehadeh (Éds.)** 1980. Integrated agriculture-aquaculture farming systems. *ICLARM Conf. Proc. 4*, 258 p. Proceedings of the ICLARM-SEARCA Conference on Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems, Manila, Philippines, 6-9 August 1979. ICLARM, Manila, Philippines and SEARCA, Los Baños, Laguna, Philippines.
- République Populaire du Bénin.** 1976. La pisciculture traditionnelle dans la Basse Vallée du fleuve Ouémé. Dans Dube, J. et Gravel, Y., édés. Supplement 1 to the report of the Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 30 September-02 October 1975. Reviews and experience papers. *CPCAA Technical Paper* No.4, Suppl. 1. Rome, FAO (disponible à www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B01.htm#chI.A.3).
- Rosegrant, M.W.** 1995. Dealing with water scarcity in the next century. Brief 21, 2020 Vision.
- Rosegrant, M.W.** 1997. Water resources in the 21st century: challenges and implications for action. *Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper* 20. Washington, D.C, IFPRI.
- Rosegrant, M.W. & Cai, X.** 2001. Water for food production. Dans R.S. Meinzen-Dick & M.W.

- Rosegrant, éd. *Overcoming Water Scarcity and Quality Constraints*. Focus 9, 2020 Vision, Brief 2 of 14. Washington, D.C, IFPRI.
- Rosegrant, M.W., Cai, X. & Cline, S.A.** 2002. Global water outlook: Averting an impending crisis. A Report Summary of the 2020 Vision for Food, Agriculture, and the Environment Initiative. Washington, D.C., IFPRI, and Colombo, IWMI (disponible à www.ifpri.org/pubs/fpr/fprwater2025.pdf).
- Rosegrant, M.W. & Perez, N.C.** 1997. Water resource development in Africa: a review and synthesis of issues, potentials and strategies for the future. Environment and Production Technology Division (EPTD) Discussion Paper 28. Washington, D.C., IFPRI.
- Rosegrant, M.W. & Ringler, C.** 1999. Impact on food security and rural development of reallocating water from agriculture. Environment and Production Technology Division (EPTD) Discussion Paper 47. Washington D.C., IFPRI.
- Sandbank, E. & Nupen, E.M.** 1984. *Warmwater fish production on treated wastewater effluents*. Aquaculture South Africa, Cathedral Peak, 3-4 May 1984.
- Sanni, D.** 2002. Évaluation de mise en valeur intégrée des ressources en eaux continentales dans les zones sujettes à la sécheresse récurrente en Afrique de l'Ouest. évaluation des opportunités pour l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture au Sénégal. Consultancy Report. FAO Africa Regional Office, Accra.
- Seckler, D., Amarasinghe, U., Modlen, D., de Silva, R. & Barker, R.** 1998. World water demand and supply, 1990-2025: Scenarios and issues. Research Report 19. Colombo, IWMI. (disponible à www.iwmi.cgiar.org/pubs/PUB019/REPORT19.PDF).
- Shereif, M.M., Easa, M.E.S., El Samra, M.I. & Mancy, K.H.** 1995. A demonstration of wastewater treatment for reuse applications in fish production and irrigation in Suez, Egypt. *Water Science and Technology* 32(11): 137-144.
- Slabbert, J.L., Morgan, W.S.G. & Wood, A.** 1989. Microbiological aspects of fish cultured in wastewaters: The South African experience. *Water Science and Technology* 21(3): 307-310.
- Sloutweg, R.** 1991. Water resources management and health - general remarks and a case study from Cameroon. *Landscape and Urban Planning*, 20(1-3): 111-114.
- Sloutweg, R., Kooyman, M., de Koning, P. & van Schooten, M.** 1993. Water contact studies for the assessment of schistosomiasis infection risks in an irrigation scheme in Cameroon. *Irrigation & Drainage Systems* 7(2): 113-130.
- Solano, C., Léon, H., Pérez, E. & Herrero, M.** 2001. Who makes farming decisions? A study of Costa Rican dairy farmers. *Agricultural Systems* 67: 181-199.
- Suwanrangsi, S.** 2001. Technological changes and their implications for women in fisheries. Dans M.J. Williams, M.C. Nandeesha, V.P. Corral, E. Tech & S.P. Choo, éd. *International Symposium on Women in Fisheries*. Penang, ICLARM - The World Fish Centre publication, pp. 63-67.
- Thomas, D.H.L.** 1994. Socio-economic and cultural factors in aquaculture development: a case study from Nigeria. *Aquaculture*, 119: 329-343.
- Thompson, J.R. & Polet, G.** 2000. Hydrology and land use in a Sahelian floodplain wetland. *Wetlands* 20 (4): 639-659.
- Valencia, E., Adjei, M. & Martin, J.** 2001. Aquaculture effluent as a water and nutrient source for hay production in the seasonally dry tropics. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32(7-8): 1293-1301.
- van Asten, P.J.A., Barbiero, L., Wopereis, M.C.S., Maeght, J.L. & van der Zee, S.E.A.T.M.** 2003. Actual and potential salt-related soil degradation in an irrigated rice scheme in the Sahelian zone of Mauritania. *Agricultural Water Management* 60(1): 13-23.
- van der Mheen, H.W.** 1999. Adoption of Integrated Aquaculture and Irrigation. *ALCOM Working Paper* No. 23. Harare, ALCOM/FAO. Available in summary form in FAO Aquaculture Newsletter, 22 (disponible à www.fao.org/DOCREP/005/X3185E/X3185e10.htm).
- Welcomme, R.L.** 1976. Supplement 1 to the report of the Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana 30 September-2 October 1975. Reviews and experience papers/ Supplément 1 au rapport du Symposium sur l'Aquaculture en Afrique, Accra, Ghana 30 septembre-2 octobre 1975. Exposés généraux et compte-rendus d'expériences. *CPCAA Technical Paper* No.4, Suppl. 1. Rome, FAO (disponible à www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B00.htm).
- West, W.Q.B.** 1996. The status of aquaculture in Africa: Its contribution to fish production, development and growth. Dans Adenji, K.O., éd. *Aquaculture in Africa*. Lagos, Organisation of African Unity/Scientific, Technical and Research Committee (OAU/STRC), pp. 42-70.
- Whittington, D., Davies, J. & McClelland, E.** 1998. Implementing a demand-driven approach

- to community water supply planning: A case study of Lugazi, Uganda. *Water International* 23(3): 134-145.
- Wijkström, U.** 2001. Policy making and planning in aquaculture development and management, Plenary Lecture I. Dans R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Philipps, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, éd. *Aquaculture in the Third Millennium*. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand, 20-25 February 2000. Rome and Bangkok, FAO, pp. 15-21.
- Williams, M.** 1996. *The transition in the contribution of living aquatic resources to food security*. Brief 32, 2020 Vision. Washington, D.C., IFPRI.
- World Bank.** 2003. E-Conference on Irrigation in Sub-Saharan Africa, 13 January - 21 February 2003. Summary Report, E-mail Conference Discussion Issues. (disponible à [http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/essdext.nsf/26DocByUnid/23F026E963A9A02A85256CD8004B8604/\\$FILE/SSAIrrigationEconferenceSummaryReport.pdf](http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/essdext.nsf/26DocByUnid/23F026E963A9A02A85256CD8004B8604/$FILE/SSAIrrigationEconferenceSummaryReport.pdf)).
- Yan, J. & Zhang, Y.** 1994. How wetlands are used to improve water quality in China. Dans Mitsch, W.J., éd. *Global Wetlands: Old World and New*. Amsterdam, Elsevier Publication, pp. 369-376.
- Yan, J., Wang, R.S. & Wang, M.Z.** 1998. The fundamental principles and ecotechniques of wastewater aquaculture. *Ecological Engineering*, 10(2): 191-208.
- Ziehi, A.** 1994. Développement et recherche aquacoles en Côte d'Ivoire. Dans Coche, A.G., éd. *Aquaculture development and research in sub-Saharan Africa*. National reviews. *CPCAA Technical Paper*, 23, Supplement. Rome FAO, pp.1-40.

Annexe 1. Revue par pays de l'irrigation, de l'aquaculture, des activités et du potentiel IIA³

Tableaux A–N.

A: BÉNIN	Sources: Kay (2001), FAO (1995), République Populaire du Bénin (1976)
Potentiel en irrigation (ha)	86 000 (1982); 300 000 (1994)
Grands périmètres d'irrigation (ha)	7 556 (1994)
À moyenne échelle (ha)	192 (1994)
Périmètres de petits exploitants (PP)/à petite échelle (ha)	1 038 (1994)
Zones irriguées (ha)	22 000 (1982); 17 224 sous irrigation à maîtrise totale en 1994.
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Irrigation à maîtrise partielle dans les plaines inondables et irrigation collinaire (PP), irrigation de surface (40% des zones sous irrigation contrôlée en 1994)
Taux de développement d'irrigation (ha/an 1985-1997)	1 167
Cultures principales irriguées	1. Riz (93% des cultures irriguées), 2. Oignon (5%) (1993)
Contraintes au développement de l'irrigation	Néant
Contraintes au développement de l'aquaculture	Néant
Activités IIA pratiquées	Des trous, ou canaux/rigoles, creusés pour l'élevage de poissons dans les plaines inondables des rivières Ouémé et Sô ont été signalés à la fin des années 70
Sites potentiels pour développer IIA	Néant
Contraintes au développement de l'IIA	– En fin des années 70, le projet d'irrigation de la vallée (plaine d'inondation) de la rivière Ouémé était géré pour les cultures laissant très peu de possibilités pour la production piscicole, voire même l'intégration avec le riz – Forte utilisation de pesticides était aussi une contrainte
Recherches faites sur l'IIA	Néant
Potentiel en IIA (avantages actuels)	Néant

B: BURKINA FASO	Sources: Kabré and Zerbo (2001), Kabré (2000), Kay (2001), Coche et Pedini (1998), FAO (1995)
Potentiel en irrigation (ha)	> 200 000 (2001). Potentiel en irrigation à petite échelle
Grands périmètres d'irrigation >500 ha (ha)	7 980 (1992)
À échelle moyenne (ha.)	0 (1992)
Périmètres de petits exploitants/à petite échelle <100 ha (ha)	7 450 (1992)
Zones irriguées (ha)	45 730 sous irrigation à maîtrise totale en 1992; >16 000 (2001)
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Irrigation de surface (75% des zones d'irrigation à maîtrise totale en 1992)/ Plaines inondables (PP)
Taux de développement d'irrigation (ha/an 1985-1997)	1 083
Petits plans d'eau	2 100 (domestique, agriculture, hydro-électricité)
Réservoirs pérennes (ha)	300
Cultures principales irriguées	1. Riz (68% des cultures irriguées) 2. Légumes (12%) 3. Sorgho (9%) 4. Cannes à sucre (8.5%) (1992)
Contraintes au développement de l'irrigation	– Envasement/ensablement des réservoirs – Gaspillage d'eau – Manque de financement – Questions de santé (paludisme, bilharziose)

³ NB – les contradictions dans les chiffres pourraient être dues aux sources diverses et à leurs méthodes d'évaluation.

B: BURKINA FASO (suite)	
Contraintes au développement de l'aquaculture	<ul style="list-style-type: none"> - Manque d'intégration dans les programmes de développement agricole - Manque de financement par les fonds publics - Mauvaise compréhension des perceptions locales
Activités de l'IIA pratiquées	<ul style="list-style-type: none"> - Intégration directe rizipisciculture dans la vallée de Kou (1987-1988) - Intégration indirecte rizipisciculture dans le périmètre d'irrigation de Bragué - Plusieurs propositions faites pour le périmètre d'irrigation de Sourou mais sans mise en œuvre - Amélioration des pêches dans les petits plans d'eau pratiquée pendant plusieurs années - Dans les barrages réservoirs de Tanguiga, Goudri et Ramitenga - Intégration avec légumes en amont des barrages
Sites potentiels de l'IIA pour développer	<ul style="list-style-type: none"> - Irrigation à maîtrise totale: vallées de Kou, Banzon et Sourou - Bas-fonds, par exemple la rivière Comoé - Zones d'alimentation pluviale - Périmètres d'intégration de pisciculture et élevage de bétail
Contraintes au développement de l'IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Manque d'expérience en matière de rizipisciculture - Manque d'alevins - Concurrence pour ressources sur champ, conflit sur allocation de l'eau - Mauvais réseaux de communication - Manque de financement (agences internationales) - Manque d'orientation du gouvernement pour développement rizipiscicole - Faible vulgarisation
Recherches faites sur l'IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Rizipisciculture avec différentes variétés de riz conjointement avec mono/ polyculture des poissons - Programmes de reproduction pour l'empoissonnement des étangs et des réservoirs - Systèmes d'élevage de canards et de poissons
Potentiel en IIA (avantages actuels)	<ul style="list-style-type: none"> - 16 000 ha actuellement irrigués, le riz en priorité - De nombreux petits réservoirs - Bonne gestion des pêches - Soutien institutionnel et cadre politique - Forte demande pour poissons et possibilité de développer des activités permettant d'ajouter la valeur après les récoltes

C: CAMEROUN	Sources: FAO (2002d), Kay (2001), FAO (1995), Njock (1994)
Potentiel en irrigation (ha)	240 000 (1985)
Grands périmètres d'irrigation (ha)	11 000 (1982)
À échelle moyenne (ha)	Néant
Périmètres de petits exploitants/à petite échelle (ha)	9 000 (1982)
Zones irriguées (ha)	20 000 (1982); 20 97 par irrigation à maîtrise totale (1987)
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Plaines inondables (PP), irrigation collinaire (PP)
Taux de développement d'irrigation (ha/an 1985-1997)	0
Petits plans d'eau	10 000 (<3 ha)
Réservoirs pérennes (ha)	Néant
Cultures principales irriguées	1. Riz (77%) 2. Légumes (19%) 3. Bananes (4%)
Contraintes au développement de l'irrigation	- Néant

C: CAMEROUN (suite)	
Contraintes au développement de l'aquaculture	<ul style="list-style-type: none"> -Manque de coopération entre institutions de recherche et agences du gouvernement (développement) -Manque de politique cohérente et financement ciblé pour le développement aquacole -Manque de facilités de crédit pour les pisciculteurs et faible disponibilité en alevins -Mauvaise gestion des laboratoires d'aquaculture et d'élevage -Manque de considérations socioéconomiques relatives au développement de l'aquaculture, y compris, le manque d'indicateurs de performance économique -Manque de vulgarisation -Difficultés liées au système foncier
Activités de l'IIA pratiquées	Néant
Sites potentiels pour développer IIA	Néant
Contraintes au développement de l'IIA	-Détérioration des infrastructures d'irrigation
Recherches faites sur l'IIA	Néant
Potentiel en IIA (avantages actuels)	Néant

D: TCHAD	Sources: Kay (2001), FAO (1995)
Potentiel en irrigation (ha)	1 200 000 (1982); 935 000 (1994) ⁴ .
Grands périmètres d'irrigation >500 ha (ha)	9 250 (grande irrigation)
À échelle moyenne (ha)	Néant
Périmètres de petits exploitants/à petite échelle <100 ha (ha)	4 770 (petite irrigation) (1988)
Zones Irriguées (ha)	113 420 (1988)
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Culture de décrue (69% de superficie totale d'irrigation), bas-fonds (19%), l'irrigation à maîtrise totale/partielle (12%, dont, 77% utilisant l'irrigation de surface). Plaines inondables et collecte des eaux de ruissellement (PP)
Taux de développement de l'irrigation (ha/an 1985-1997)	833
Cultures principales irriguées	1. Sorgho (62% des cultures irriguées, cultivées dans les zones de cultures de décrue) 2. Riz (24%, cultivées dans des irrigations à maîtrise totale et partielle et dans les bas-fonds) 3. Céréales (sauf riz et sorgho, 9%).
Contraintes au développement de l'irrigation	<ul style="list-style-type: none"> -Disponibilité en eau irrégulière aux sources d'eau en raison des variations de conditions climatiques -Les eaux de la rivière (Logone) partagées entre le Cameroun et le Tchad, limitant l'irrigation en saison sèche -Niveau du lac Tchad en baisse, ce qui contraint l'irrigation dans les périmètres connexes , augmente la salinité et réduit l'alimentation en eau potable
Contraintes au développement de l'aquaculture	Néant
Activités de l'IIA pratiquées	Néant
Sites potentiels pour développer IIA	Néant
Contraintes au développement de l'IIA	-[concurrence déjà forte pour les eaux du lac Tchad, s'aggrave en raison de la baisse de disponibilité]
Recherches faites sur l'IIA	Néant
Potentiel en IIA (avantages actuels)	-Depuis les années 90, l'accent est mis sur le développement des périmètres d'irrigation des petits exploitants avec l'implication des exploitants agricoles

⁴ Ce chiffre ne tient pas compte des contraintes environnementales (en particulier liées à la baisse du niveau des eaux du lac Tchad), ni la considération relative au partage des ressources d'eau entre les pays riverains de la rivière Logone et du lac Tchad.

E: CÔTE D'IVOIRE	Sources: Gnekpo and Ziehi (2001), Kay (2001), Coulibaly (2000), Oswald <i>et al.</i> (1996), FAO (1995), Ziehi (1994)
Potentiel en irrigation (ha)	130 000 (1982), 475 000 (1994)
Grands périmètres d'irrigation >500 ha (ha)	42 000 (1982)
À échelle moyenne (ha)	Néant
Périmètres des petits exploitants/à petite échelle <100 ha (ha)	10 000 (1982)
Zones irriguées (ha)	89 000 par irrigation maîtrisée en 1994; 72 000 (2001).
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Irrigation à maîtrise totale (54%) et bas-fonds aménagés (28%) en 1994. Plaines inondables (PP)
Taux de développement de l'irrigation (ha/an 1985-1997)	1 583
Petits plans d'eau	172 (1994)
Barrages pérennes (ha)	
Cultures principales irriguées	1. Riz (irrigation gravitaire, principalement dans les bas-fonds) 2. Cannes à sucre (irrigation par aspersion) 3. Plantain (irrigation par aspersion) 4. Légumes (irrigation gravitaire)
Contraintes au développement de l'irrigation	En 1994, l'agriculture irriguée jouait un rôle mineur par rapport à l'agriculture pluviale <ul style="list-style-type: none"> - Manque de planification sur le plan national - Coûts d'investissement élevés - Pas de recherches sur l'irrigation - Pas de tradition d'irrigation (cultures alimentées par les eaux pluviales)
Contraintes au développement de l'aquaculture	Malgré le développement de l'aquaculture soutenu par des établissements de recherche suffisants et avec l'appui du gouvernement (vulgarisation, crédit et subventions) <ul style="list-style-type: none"> - Manque de chiffres sur la production - Les agriculteurs dépendent trop du soutien extérieur (vulgarisation) - Les problèmes liés au fait de cibler les pisciculteurs pour les activités aquacoles et le crédit (petits exploitants, y compris jeunes et femmes) - Situation économique du pays - Manque de recherches sur les aspects socioéconomiques du développement de l'aquaculture
Activités de l'IIA pratiquées	- Amélioration des pêches dans les petits réservoirs - Rizipisciculture: à l'intérieur, en amont et en aval des rizières. «Projet d'appui à la profession piscicole du centre ouest» en Région de Doloa (destiné aux pisciculteurs mais les résultats ne sont pas disséminés) - Poissons dans les étangs voisins des rizières des basses terres dans les zones périurbaines
Sites potentiels pour développer l'IIA	Au sud et à l'ouest du pays (zone de forêt): ruisseaux pérennes et pluviométrie plus forte.
Contraintes au développement de l'IIA	- Manque de soutien institutionnel et de financement pour appuyer les activités intégrées - Manque d'informations et les coûts d'irrigation élevés peu abordables pour les petits exploitants et les femmes. Ils n'obtiennent pas de crédit - L'utilisation de pesticides dans l'agriculture - Vulgarisation et appui technique insuffisants - Sécheresses et conflits entre usagers de l'eau
Recherches faites sur l'IIA	Néant
Potentiel en IIA (avantages actuels)	- Zones rizicoles irriguées doivent augmenter de 34 000 ha entre 1992 et 2015 - Bas-fonds et marais côtiers sont favorables à la riziculture irriguée (équivalents à 275 000 ha) mais restent sous-exploités

F: GHANA	Sources: Kay (2001), Owusu et Kuwornu (2001), Coche et Pedini (1998), Kumah et al. (1996), FAO (1995), Kortenhorst (1985)
Potentiel en irrigation (ha)	500 000 (2001). Possibilités d'irrigation énormes. Estimées à 1 900 000 en 1994
Grands périmètres d'irrigation (ha)	4 720 (1994)
À échelle moyenne (ha)	1 204 (1994)
Périmètres des petits exploitants/à petite échelle (ha)	450 (1994)
Zones irriguées (ha)	10 000 (80% gravité) à augmenter à 100 000 avant 2020.
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Surface (90%, y compris PP périmètres d'irrigation par gravité basés sur le détournement de l'eau stockée dans les petits barrages), plaines inondables (PP) et les marais
Taux de développement de l'irrigation (ha/an 1985-1997)	333
Cultures principales irriguées	1. Riz (plaines inondables) 2. Cultures commerciales (lég., fruits, fleurs)
Contraintes au développement de l'irrigation	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement de capitaux élevés pour l'infrastructure d'irrigation - Mauvaise gestion des fonds de l'état - Manque de politiques cohérentes pour les petits et les grands périmètres - Régime foncier qui contraint les gens de s'y impliquer - Capacité limitée permettant d'identifier et de formuler des périmètres adaptés aux ressources de terres et d'eau locales (topographie) - Les questions de genre ne sont pas prises en compte dans la conception des périmètres d'irrigation pour la riziculture
Contraintes au développement de l'aquaculture	- Très peu de succès en matière de vulgarisation de l'aquaculture
Activités de l'IIA pratiquées	<p>Première promotion de l'aquaculture et des pêches basées sur la pisciculture dans les systèmes d'irrigation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aquaculture dans les étangs situés sur le champ - amélioration des pêches dans les barrages réservoirs - transformation de 5% des zones irriguées en étangs - essais de rizipisciculture dans les périmètres d'irrigation à grande échelle dans la région de l'extrême nord-est
Sites potentiels pour développer l'IIA	<ul style="list-style-type: none"> - périmètres d'irrigation de Tano, Veia et Dawhenya (rizipisciculture) - Vallée de Mampong (légumes-poissons) et bas-fonds
Contraintes au développement de l'IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Vulgarisation insuffisante - Manque de semences piscicoles, aliments, capital et informations pour les exploitants - Investissement élevé pour le développement de l'irrigation - Facteurs socioculturels
Recherches faites sur l'IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Rizipisciculture - Légumes-poissons (Institut de ressources naturelles renouvelables)
Potentiel en IIA (avantages actuels)	<ul style="list-style-type: none"> - Élevage et production d'alevins - Appui suffisant pour distribution et commercialisation - Existence d'une politique d'intégration - Marais des vallées intérieures identifiés comme étant une alternative meilleur marché par rapport aux périmètres d'irrigation à grande échelle mais, s'ils sont développés pour le riz, la sédimentation et l'envasement/ensablement devront être contrôlés par l'amélioration du labourage

G: GUINÉE	Sources: Agro-Ind. (2002), FAO (2002e), Kay (2001), FAO (1995)
Potentiel en irrigation (ha)	150 000 (1982), 520 000 (1994)
Périmètres d'irrigation à grande échelle (ha)	8 233 (1994)
À échelle moyenne (ha)	Néant
Périmètres des petits exploitants/à petite échelle (ha)	7 308 (1994)
Zones irriguées (ha)	45 000 (1982); 99 148 (1994)

G: GUINÉE (suite)	
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Irrigation à maîtrise totale (16% de la superficie totale de l'irrigation, y compris surface (90%), bas-fonds (marais) (78%) et plaines inondables (PP)
Taux de développement de l'irrigation (ha/an 1985-1997)	417
Cultures principales irriguées	Néant
Contraintes au développement de l'irrigation	Néant
Contraintes au développement de l'aquaculture	[il est supposé qu'elles sont similaires aux contraintes qui entravent le développement des pêches continentales: - Manque d'équipements - Accès au crédit limité - Villages isolés et éloignés, peu d'accès aux marchés intérieurs - Manque d'infrastructures de traitement (préservation of des poissons)]
Activités de l'IIA pratiquées	Néant
Sites potentiels pour développer IIA	Néant
Contraintes au développement de l'IIA	[Régime foncier insuffisant pour les projets d'irrigation]
Recherches faites sur l'IIA	Néant
Potentiel en IIA (avantages actuels)	- Gestion de mangrove est orientée vers l'intégration des systèmes de production (riz, poissons, sel, etc.)

H: MALI	Sources: Bamba et Kienta (2001, 2002), Kay (2001), Niare <i>et al.</i> (2000), Coche et Pedini (1998), FAO (1995), ODI (undated)
Potentiel en irrigation (ha)	560 000 (1992); 1 100 000
Grands périmètres d'irrigation (ha)	63 119 (1994)
À échelle moyenne (ha)	Néant
Périmètres des petits exploitants/à petite échelle (ha)	15 501 (1994)
Zones irriguées (ha)	191 469 (1994); 200 000. Ségou est la région la plus aménagée pour l'irrigation.
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Surface (100% dans les périmètres d'irrigation à grande échelle et de maîtrise totale, les plaines inondables des fleuves Niger et Bani (PP), les bas-fonds dans le Sud-Ouest du pays. Les cultures en zone de décrue constituent 57% de la superficie totale de l'irrigation
Taux de développement de l'irrigation (ha/an 1985-1997)	2 167
Cultures principales irriguées	1. Riz (80%) 2. Sorgho 3. Canne à sucre 4. Thé
Contraintes au développement de l'irrigation	- Recherches limitées sur l'irrigation - Sous-exploitation des zones irriguées - Conditions climatiques défavorables (évaporation importante, pluviométrie irrégulière) et distribution inégale des ressources en eau dans le pays - Coûts d'infrastructure élevés (construction des réservoirs) - Organisations d'exploitants inexistantes et les agents vulgarisateurs d'irrigation sont trop nombreux (manque de cohésion de vulgarisation)
Contraintes au développement de l'aquaculture	- Concentration sur la biologie des poissons, la formulation d'aliments, la fertilisation des étangs et l'élevage artificiel - Manque de considération en ce qui concerne les aspects socioéconomiques de l'activité (accès à la terre, appropriation des techniques, concurrence entre pisciculture et pêches)
Activités de l'IIA pratiquées	Plusieurs types d'intégration de l'aquaculture dans les périmètres d'irrigation à grande échelle ont été essayés mais sont actuellement dominés par les activités rizipiscicoles La promotion de la rizipisciculture est faite dans la région de Ségou (étang de démonstration dans un périmètre d'irrigation géré par la communauté, dans le cadre du PSSA) et les zones (plaines inondables) de Mopti

H: MALI (suite)	
Sites potentiels pour développer l'IIA	Régions de Mopti, Ségou et Sélingué Grandes possibilités d'améliorer les étangs rizipiscicoles dans les périmètres d'irrigation à grande échelle et de maîtrise partielle dans le Delta Central du fleuve Niger (>80 000 ha en Mopti et en Ségou, zones de riziculture en eau profonde)
Contraintes au développement de l'IIA	Très peu de possibilités de l'IIA dans les périmètres d'irrigation qui dépendent des inondations (par exemple le fleuve Niger) en raison de réduction des périodes de grandes crues. Contraintes principalement liées au développement de l'aquaculture: - Manque d'agents de vulgarisation et promotion limitée de l'activité au sein des populations en milieu rural - Accès limité en matière de crédit pour l'activité - Appui institutionnel limité (Chambres d'agriculture) - Disponibilité saisonnière de l'eau - L'utilisation des pesticides en agriculture - Manque d'appui institutionnel et de fonds pour le développement de l'aquaculture - Gestion à fonction unique des zones rizicoles irriguées - Les exploitants y accordent très peu de priorité
Recherches faites sur l'IIA	Essais de rizipisciculture
Potentiel en IIA (avantages actuels)	Pourraient être limités en raison du manque de disponibilité d'eau, mais les infrastructures d'irrigation actuelles sont en cours de réhabilitation et l'initiative du secteur privé en matière de développement de l'irrigation a fait l'objet de promotion. L'accent est mis sur l'implication des parties prenantes dans la gestion de l'eau et l'entretien de l'infrastructure [ce qui pourrait susciter la création d'un contexte favorable pour le développement de l'IIA]

J: NIGER	Sources: Kay (2001), FAO (1995)
Potentiel en irrigation (ha)	100 000 (1982); 270 000 (1990)
Grands périmètres d'irrigation (ha)	10 000 (1982)
À échelle moyenne (ha)	Néant
Périmètres des petits exploitants/à petite échelle (ha)	20 000 (1982)
Zones irriguées (ha)	30 000 (1982), 66 480 (1989) par irrigation à maîtrise totale et partielle, 78 480 (1989) bénéficiant de l'irrigation.
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Irrigation à maîtrise totale et partielle (85% de superficie totale irriguée), cultures en zone de décrue (15%), plaines inondables du fleuve Niger (PP). L'irrigation en saison sèche est répandue (légumes) mais l'irrigation supplémentaire en saison pluvieuse ne l'est pas
Taux de développement de l'irrigation (ha/an 1985-1997)	3 000
Cultures principales irriguées	1. Riz 2. Coton 3. Blé
Contraintes au développement de l'irrigation	- Les exploitants considèrent l'irrigation comme un moyen permettant de diversifier les cultures agricoles, non pas pour accroître la productivité - Participation limitée des exploitants à la planification de l'irrigation - Manque d'infrastructures d'irrigation et coûts d'irrigation élevés, en particulier, dans les zones éloignées - Priorité accordée à l'agriculture pluviale
Contraintes au développement de l'aquaculture	Néant
Activités de l'IIA	Néant
Sites potentiels pour développer l'IIA	Néant
Contraintes au développement de l'IIA	Néant
Recherches faites sur l'IIA	Néant
Potentiel en IIA (avantages actuels)	Néant

K. NIGÉRIA	Sources: Kay (2001), Egborge (1996), FAO (1995), Ezenwa (1994), Thomas (1994), Dike (1990), Ita (1976)
Potentiel en irrigation (ha)	2 000 000 (1982); 3 317 000 (1993)
Grands périmètres d'irrigation (ha)	50 000 (1982)
À échelle moyenne (ha)	Néant
Périmètres des petits exploitants/à petite échelle (ha)	800 000 (1982)
Zones irriguées (ha)	850 000 (1982); 956 535 (1991)
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Plaines de décrue (fadama) (76% de la superficie totale de l'irrigation): plaines inondables du fleuve Niger (PP) dans le nord du Nigéria, irrigation à maîtrise totale/partielle (23%). Aussi l'irrigation de colline et collecte des eaux de ruissellement (PP)
Taux de développement de l'irrigation (ha/an 1985-1997)	2 750
Petits plans d'eau	Néant
Réservoirs pérennes (ha)	300 000 (y compris les lacs). 60 grands barrages et 100 petits barrages
Cultures principales irriguées	1. Riz (75%), 2. Légumes (15%), 3. Blé
Contraintes au développement de l'irrigation	<ul style="list-style-type: none"> - Les Fadamas font l'objet de conflit d'usages multiples (agriculture, pêche, pâturage ou chasse) et usagers (agriculteurs/pêcheurs, planificateurs du développement de l'irrigation sur le plan national et défenseurs de l'environnement, soit les écologistes) - Coût élevé du développement de l'irrigation - Planification et conception insuffisantes des zones de contrôle pour l'irrigation ou des systèmes de canal - Expériences de mauvaise gestion dans le passé dans les systèmes à grande échelle et mauvais choix de cultures (par exemple le blé) - Manque de formation et de vulgarisation dans les petits périmètres publics - Régime hydraulique des plaines inondables en évolution (fadamas) en raison de construction des barrages en amont, bouleversant l'usage traditionnel, informel de l'eau à des fins d'irrigation
Contraintes au développement de l'aquaculture	<ul style="list-style-type: none"> - Forte évapotranspiration, envasement/ensablement et invasions par végétation littorale flottante - Accès insuffisant aux intrants, semences piscicoles et aliments - Manque de chiffres sur la production aquacole et de base de données sur la biologie et l'écologie endémiques dans les poissons et manque d'indicateurs de rentabilité économique - Services de vulgarisation, compétence technique et liens entre recherches et vulgarisation sont insuffisants - Peu de priorité accordée à l'aquaculture dans les plans du gouvernement et dans l'allocation des budgets - Abandon des différences sociales et ethniques entre les groupes cible - Manque d'accès à la terre et au crédit par les petits exploitants
Activités de l'IIA pratiquées	<ul style="list-style-type: none"> - Construction des étangs piscicoles dans la plaine d'inondation de Hadeja-Nguru (mais échec en 1994) - Poly- et monocultures en cages flottantes dans le barrage de Kainji (1976)
Sites potentiels pour développer l'IIA	La plaine d'inondation du fleuve Niger est considéré comme étant les plus grandes possibilités non exploitées pour le développement de l'irrigation, ensemble avec le fleuve Benue et les réservoirs artificiels, pourrait contenir la pisciculture et les activités de l'IIA. La zone humide de Hadeja-Nguru (Nord-Est du pays) abrite l'irrigation à petite échelle et la riziculture en eau profonde, ce qui convient à l'intégration de la riziculture et la pisciculture
Contraintes au développement de l'IIA	<ul style="list-style-type: none"> - L'accès à la terre, les coûts de construction des étangs sont hors de la portée des exploitants pauvres - Promotion de l'utilisation d'engrais visant à accroître la productivité agricole
Recherches faites sur l'IIA	- Programme de recherches sur les cages, les enclos, les systèmes de clôture et la gestion des lacs naturels et des réservoirs d'irrigation
Potentiel en IIA (avantages actuels)	<ul style="list-style-type: none"> - Systèmes d'eau vastes sous-exploités - Recherches en cours sur systèmes aquacoles alternatifs (cages, enclos, culture dans les plaines inondables)

L. SÉNÉGAL	Sources: Sanni (2002), Kay (2001), Diallo (1995), FAO (1995)
Potentiel en irrigation (ha)	180 000 (1982), moyenne 400 000 (1994)
Grands périmètres d'irrigation (ha)	23 135 (1994)
À échelle moyenne (ha)	4 265 (1994)
Périmètres des petits exploitants/à petite échelle (ha)	44 000 (1994)
Zones irriguées (ha)	100 000 (1982); 141 400 (1994) y compris 71 400 par irrigation à maîtrise totale/partielle; plus de 155 000 (2002).
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Irrigation à maîtrise totale/partielle (50% de la superficie totale de l'irrigation), bas-fonds (26%) et zones de décrue (23%). Plaine d'inondation du fleuve Sénégal et bas-fonds (PP). Irrigation de riz mangrove en Casamance. Irrigation de riz divisée en 3 types: grands périmètres, périmètres d'irrigation privée et périmètres irrigués villageois
Taux de développement de l'irrigation (ha/an 1985-1997)	
Cultures principales irriguées	1. Riz (95% des zones irriguées) 2. Canne à sucre (6% des zones irriguées) 3. Légumes, fruits, maïs
Contraintes au développement de l'irrigation	Malgré la demande urbaine croissante et les cultures agricoles à l'exportation, le développement de l'irrigation doit faire face à: <ul style="list-style-type: none"> - des contraintes agro-techniques (mauvaise gestion des terres irriguées) - des contraintes socioéconomiques (les exploitants dépendent de l'état, crédit impayé, problèmes relatifs à l'allocation de l'eau) - Contraintes institutionnelles (pratiques d'irrigation traditionnelles demeurent dominantes, diversification des cultures plutôt que l'intensification)
Contraintes au développement de l'aquaculture	La pisciculture est limitée suite aux résultats peu satisfaisants des projets financés par les bailleurs de fonds internationaux, sur la pisciculture en étang intensive, la pisciculture en cage, la culture et la rizipisciculture extensive, en raison du fait que , dans la vallée du fleuve Sénégal: <ul style="list-style-type: none"> - Les contraintes environnementales (variations du régime hydrologique, porosité du sol, forte turbidité de l'eau, température basse et faible teneur en minéraux, peu de consultation en ce qui concerne les politiques de gestion d'eau) - Contraintes technologiques et institutionnelles (mauvaise sélection de site, manque de coordination entre recherches et développement, manque d'alevins, personnel de vulgarisation, mauvaise gestion de projet et transfert prématuré de technologie aux exploitants) - Contraintes socioéconomiques (coûts d'aménagement élevés pour l'aquaculture, concurrence avec les poissons de mer et d'autres ressources sur le champ, y compris la main-d'œuvre, choix insuffisant de groupes cible) - En Casamance, les mauvais résultats étaient provoqués par la gestion insuffisante des étangs et de l'alimentation, la prédation, les coûts élevés de l'entretien et de la main-d'œuvre
Activités de l'IIA pratiquées	<ul style="list-style-type: none"> - Rizipisciculture: recherches (appui de l'USAID + Chinois à Ndiarème dyu Wallo et Guidakhar, appui ONG au développement dans les régions de Fatick (Ndiaye Ndiaye, Ndjosmon, Sanghāi) et Kédougou (étang Fadiga) (dans le cadre du PSSA) - Pisciculture gérée par la communauté dans le système d'irrigation à grande échelle de Vélingra (bassin A nambe) - Enclos dans les vallées à barrages de Casamance (1994) - Poissons stockés dans les canaux d'irrigation et dans les grands réservoirs
Sites potentiels pour développer l'IIA	La plaine d'inondation du fleuve Sénégal est en train d'être développée (dans le cadre du plan de développement national jusqu'à 2015) et les systèmes d'irrigation existants sont en cours de réhabilitation. L'IIA existe déjà dans les bas-fonds de Casamance et les systèmes pourraient être améliorés là-bas
Contraintes au développement de l'IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Manque d'expérience en aquaculture, et l'IIA en particulier - Système foncier et coût d'aménagement élevé pour l'irrigation - Efficience réduite de gestion d'eau ou à fonction unique - Manque de crédit pour les activités aquacoles et manque de soutien pour la vulgarisation
Recherches faites sur l'IIA	Néant

L. SÉNÉGAL (suite)	
Potentiel en IIA (avantages actuels)	<ul style="list-style-type: none"> - Réhabilitation des périmètres actuels et développement de la plaine d'inondation du fleuve Sénégal, pourvu que l'on tienne compte de l'aquaculture comme un usage supplémentaire et complémentaire aux usages prévus (cultures en zone de décrue, irrigation des cultures commerciales, légumes et hydro-électricité) - Rizipisciculture dans les plaines inondables a les plus grandes possibilités, notamment dans les systèmes d'irrigation à petite échelle individuellement gérés par la communauté - Les possibilités des systèmes d'irrigation à grande échelle et de maîtrise totale ne sont pas aussi grandes en raison des difficultés institutionnelles liées à la gestion de l'eau et la faible demande pour les poissons dans ces zones - Forte demande pour les poissons - Disponibilité en alevins

M: SIERRA LEONE	Sources: Kay (2001), FAO (1995), Balarin (1984)
Potentiel en irrigation (ha)	100 000 (1982); 807 000 (1981)
Grands périmètres d'irrigation (ha)	5 000 (1982)
À échelle moyenne (ha)	Néant
Périmètres des petits exploitants/à petite échelle (ha)	50 000 (1982)
Zones irriguées (ha)	55 000 (1982); 155 360 (1992)
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Marais des vallées intérieures et les mangroves (81% de la superficie totale d'irrigation) et les plaines inondables (PP)
Taux de développement de l'irrigation (ha/an 1985-1997)	83
Cultures principales irriguées	Riz (155 000 ha en 1991)
Contraintes au développement de l'irrigation	<ul style="list-style-type: none"> - La riziculture dans les hautes terres d'agriculture pluviale prédomine dans la production agricole et est pratiquée par 96% des exploitants - Le développement de l'irrigation principalement lié au rétablissement de la stabilité politique
Contraintes au développement de l'aquaculture	- Les conditions socioéconomiques et infrastructurelles insuffisantes contraignent le développement de l'aquaculture à grande échelle mais les petits périmètres ont présenté des possibilités
Activités de l'IIA pratiquées	Néant
Sites potentiels pour développer l'IIA	Néant
Contraintes au développement de l'IIA	Néant
Recherches faites sur l'IIA	Néant
Potentiel en IIA (avantages actuels)	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilités considérables du développement de petits périmètres hydro-électriques qui pourraient être conçus pour contenir l'irrigation [et l'aquaculture] - Les marais sont considérés comme étant les terres les plus prometteuses pour l'accroissement de la production rizicole [qui pourrait par la suite être intégrée à l'aquaculture] - L'on nourrit l'espoir que les rizières sont susceptibles d'être utilisées pour la rizipisciculture (avec 10 pour cent des rizières utilisées pour l'IIA, 8 000 tonnes de poissons pourraient être produits par an)

N: TOGO	Sources: Kay (2001), FAO (1995), Kusiaku (1976)
Potentiel en irrigation (ha)	86 000 (1982), 180 000 (1990)
Grands périmètres d'irrigation (ha)	900 (1990)
À échelle moyenne (ha)	772 (1990)
Périmètres des petits exploitants/à petite échelle (ha)	336 (1990)
Zones irriguées (ha)	13 000 (1982); 7 008 (1990)
Type d'irrigation dominant/ environnement principal	Bas-fonds (71% de la superficie totale de l'irrigation), irrigation à maîtrise totale/partielle (28%, dont 72% utilise l'irrigation de surface). Petits et moyens barrages en terre maîtrisant les zones en aval par des canaux et plaines inondables (PP)
Taux de développement de l'irrigation (ha/an 1985-1997)	0
Cultures principales irriguées	1. Canne à sucre (45% des cultures irriguées) 2. Riz/légumes (28%) 3. Fruits (23%)
Contraintes au développement de l'irrigation	<ul style="list-style-type: none"> - Plus de 1 000 ha d'irrigation à maîtrise totale/partielle sous-exploité voire même abandonné en raison de: - Problèmes de gestion - Manque d'opportunités de marché pour les produits agricoles - L'irrigation n'est pas une priorité dans le plan de développement du pays
Contraintes au développement de l'aquaculture	- Manque de confiance accordée par les exploitants aux initiatives de vulgarisation de l'aquaculture
Activités de l'IIA pratiquées	Néant
Sites potentiels pour développer l'IIA	- Le plus grand périmètre d'irrigation est à Anié
Contraintes au développement de l'IIA	Néant
Recherches faites sur l'IIA	Néant
Potentiel en IIA (avantages actuels)	<ul style="list-style-type: none"> - La réhabilitation des périmètres existants pourrait provoquer le développement de l'irrigation [notamment si l'aquaculture est une nouvelle activité intégrée dans ces périmètres] - L'aménagement des bas-fonds pour l'irrigation est une priorité depuis les débuts des années 90

