La demande sociale d'aménagement des cours d'eau Recensement des principaux objectifs. Priorités

II. Les besoins et priorités en pays en voie de développement (et exemples d'aménagements)

P. Jehanno et P. Meilland

SOGREAH, 6, rue de Lorraine, 38130 Echirolles

L'aménagement des rivières dans les pays en voie de développement est commandé par 2 types de besoins à satisfaire, souvent contradictoires :

- L'utilisation des rivières pour les besoins domestiques, l'élevage, l'agriculture, la pisciculture, l'artisanat et l'industrie, le transport, l'énergie, le tourisme et l'évacuation des eaux usées ;
- La protection des hommes et des installations domestiques et professionnelles contre les effets négatifs des rivières (inondation, transmission de maladies, propagation de polluants, divagation du lit et mise en péril d'ouvrages de franchissements).

L'évolution récente de la plupart des pays en voie de développement est marquée par une augmentation démographique importante, accompagnée d'une urbanisation croissante. Cette évolution a entraîné une intensification de l'aménagement des rivières pour satisfaire les besoins urgents des populations. Ces projets doivent être accompagnés de mesures pour en limiter les effets négatifs. Quelques exemples sont développés dans l'article pour illustrer ces différents aspects.

1. Introduction

La nécessité d'aménager les rivières dans les pays en voie de développement est relativement récente.

Dans les pays industrialisés, ces aménagements ont pu être menés progressivement pour répondre à différents besoins, entre autres :

- La nécessité d'alimenter et de protéger les villes, généralement installées au bord des fleuves ;
- La navigation, facteur de développement économique ;
- Les besoins en énergie, par l'hydroélectricité.

L'aménagement des fleuves dans les pays en voie de développement est de plus en plus une nécessité pour satisfaire les populations en forte croissance, en cours d'urbanisation et situées pour la plupart d'entre elles en pays chaud, où l'eau est souvent rare.

La tâche n'est pas aisée puisqu'il faut satisfaire rapidement de nombreux besoins et que ces pays n'ont pas les ressources nécessaires pour financer ces aménagements.

Social demand for development of waterways List of the main objectives - Priorities II - Needs and priorities in developing countries

River development in the developing countries is driven by two often conflicting requirements : the use of rivers for domestic uses, breeding, agriculture, fish farming, crafts and industry, transport, energy, tourism and drainage of sewerage ; protection of men and installations against the negative effects of rivers (floods, transmission of diseases, propagation of pollutants, divarication of the river bed, and danger for works built to cross the river). A major demographical increase, increased urbanization, all lead to intensified river development. Projects must be accompanied by measures to limit the negative effects. Some examples are developed in the article to illustrate these various aspects.

2. Besoins et priorités

Les PVD sont caractérisés (outre leur faible PNB, critère aujourd'hui controversé) par une importante croissance démographique, une population majoritairement agricole et une urbanisation souvent effrénée. L'aménagement des fleuves est dicté par ces trois caractéristiques.

Besoins liés au développement économique

Les fleuves et rivières peuvent prendre une part importante dans le développement économique, par ses effets bénéfiques (création de richesses) ou dévastateurs :

- La protection contre les crues est nécessaire, pour la sauvegarde des hommes, des installations domestiques, agricoles et industrielles.
- Les débuts d'industrialisation et le développement des villes entraînent une hausse de la demande d'énergie, qui peut parfois être satisfaite par l'hydroélectricité (exemple : le barrage de Turkwel, au Kenya).
- La navigation est à envisager, outre son but principal de voie de communication, nécessaire au développement, elle permet en général un aménagement à buts multiples (exemple : La navigation sur l'Euphrate, envisagée par l'Irak au début des années 80) ; elle peut également être une source de devises (Egypte : revenu du canal : 3 % du PNB). Pour des pays comme le Zaïre, le Congo, la R.C.A., la navigation est essentielle, voire vitale.
- Les PVD ne possèdent pas de réseau de communications très dense. La sauvegarde des ouvrages de franchissement existants et la construction de nouveaux ouvrages sont nécessaires à l'échange de biens ou de personnes. Le cas du Bangladesh est caractéristique : il n'existe qu'un seul pont pour les 3 rivières principales du pays (Gange, Brahmapoutre et Meghna).
- Quoique marginal, l'aménagement à but touristique n'est pas à rejeter. Il a été par exemple envisagé à Esfahan, où l'aménagement, comprenant recalibrages, protection des berges et créations de plans d'eau, s'intègre dans le cadre historique de la ville et permet la visite des sites traversés par bateaux.
- L'aménagement à but agricole peut permettre de produire au-delà de l'autosuffisance et faire bénéficier ainsi le pays de devises qui lui sont de plus en plus nécessaires.

Besoins sociaux

Les différents besoins décrits précédemment sont étroitement liés aux besoins sociaux des populations.

Ces besoins sociaux sont liés à la spécificité des pays en voie de développement.

- Leurs populations sont majoritairement agricoles. La part du PNB dans l'agriculture est de l'ordre de 30 à 50 %, le reste étant produit par les services et, pour certains pays, les mines.

Ces populations voient leur nombre grossir rapidement, entraînant une raréfaction des terres et de la ressource en

eau. L'aménagement des rivières à but agricole est donc rendu nécessaire pour permettre de faire face à cette situation et d'atteindre l'autosuffisance alimentaire ; ces aménagements, pouvant intégrer l'ensemble du bassin versant, comprennent en général :

- le stockage d'eau afin d'assurer une régularisation des apports (barrage, poche ou dépression...),
- le développement de l'irrigation (ouvrages en rivières, réseaux de distribution) pour intensifier les cultures et augmenter les surfaces cultivables,
- la protection contre les crues (endiguements, dérivation...) pour protéger les cultures et mettre en valeur de nouvelles terres,
- les ouvrages de drainage.

Ces aménagements sont une absolue nécessité pour certains pays : Au Rwanda (260 hab./km², 6,5 millions d'habitants en 1990, 10 millions en 2000), la mise en valeur de la vallée de la Nyabarongo devrait permettre de doubler la surface cultivée actuellement dans cette vallée.

- Une autre difficulté auquel doivent faire face les pays en voie de développement est l'urbanisation croissante, voire anarchique. (Les mises en valeur agricole citées précédemment pourraient aider à freiner l'exode rural.)

Cette situation entraîne de nouveaux besoins, dont l'aménagement de rivières, rendu nécessaire pour :

- permettre l'alimentation en eau quand des captages sont impossibles,
- assurer la protection des villes contre les crues,
- permettre les communications (ouvrages de franchissements),
- permettre l'évacuation des eaux usées.

- La qualité de l'eau représente un autre besoin important des pays en voie de développement. La pollution de l'eau (qu'elle soit animale, humaine ou industrielle) peut prendre des conséquences dramatiques dans des pays où l'eau est rare et où le climat chaud favorise les maladies. Quoique non directement liée aux aménagements de rivières, elle doit être prise en compte dans les projets de développement.

- Le problème épineux du partage des eaux nécessite des aménagements à l'échelle régionale (partage au sein d'un pays) ou à l'échelle du pays (partage entre pays) ; exemple : l'Irak est le dernier pays traversé par l'Euphrate, dont les apports lui sont vitaux. Les projets des pays situés en amont (Syrie et Turquie) l'ont amené à prévoir des ouvrages de stockage et de transfert d'eau à partir du Tigre, pour assurer un débit suffisant dans l'Euphrate.

De même, le barrage de Tarbela, au Pakistan, a été nécessaire pour compenser le déficit en eau consécutif à la construction par l'Inde de 3 barrages dérivant une partie des eaux alimentant le Pakistan.

Priorités

Les priorités sont spécifiques à chaque pays, suivant sa situation climatique, économique, démographique et géographique.

Il semble toutefois que les besoins agricoles doivent être satisfaits en priorité, pour permettre l'autosuffisance alimentaire et éviter l'exode rural. Toutefois, le développement agricole a ses limites et ne permettra pas de satisfaire à long terme les besoins des populations si le rythme démographique actuel se poursuit (cas du Bangladesh).

L'aménagement des rivières dans les pays en voie de développement est donc une nécessité pour répondre à des besoins immédiats et urgents. Afin d'en limiter les effets négatifs (pour en faire des aménagements « doux »), ces aménagements devront intégrer un ensemble de mesures qui entraîneront un surcoût d'investissement. Compte tenu de la faible solvabilité de ces pays, une aide internationale supplémentaire sera donc nécessaire.

3. Exemples d'aménagement de rivières dans quelques PVD

3.1. Une solution dure : le barrage d'Assouan en Egypte

Les objectifs principaux du grand barrage sont :

- Stockage de l'eau dans le but :
 - de diminuer les pertes d'eau douce en mer et augmenter l'intensité de l'irrigation,
 - d'assurer une régularisation pluri-annuelle qui permet à l'Egypte de disposer d'eau même pendant une période de plusieurs années peu abondantes consécutives.
- Production d'énergie électrique. A l'origine cette production représentait une part très importante de l'énergie.

Il en résulte pratiquement — et surtout depuis qu'un évacuateur auxiliaire peut déverser les excédents éventuels de volume dans une poche du désert — que l'Egypte est à l'abri des crues autres que celles provoquées par une action humaine délibérée pour une période de 150 à 200 ans, laps de temps estimé nécessaire pour que le remplissage du lac en sédiments devienne significatif. (Le débit de pointe n'excède pas 2 800 à 2 900 m³/s.)

Cet aménagement ne va pas sans inconvénients qui sont ou pourraient être :

- changement du type d'agriculture,
- abaissement du lit de la rivière,
- érosion des côtes,
- suppression de l'effet bénéfique des limons amenés par les crues,
- diminution des ressources en sardines de l'Est de la Méditerranée,
- déplacements de populations*,
- remontée des nappes salées.
- La pêche de la sardine en Méditerranée est pratiquement nulle. C'est peut-être un effet du Nil qui n'amène plus de limons mais qui apporte des eaux chargées de résidus d'engrais. Le phénomène d'appauvrissement de la Méditerranée est cependant général et le Nil n'est qu'une des composantes de bassin. Certaines voies mentionnent que la

ressource poisson de mer a été au moins partiellement remplacée par la ressource poisson de rivière.

- L'effet bénéfique des limons n'est plus là et l'agriculture doit effectivement utiliser des engrais dont l'usage est parfois difficile à maîtriser.

Il faut noter toutefois que les rendements agricoles de l'Egypte sont les plus élevés d'Afrique (ex. pour les céréales en 1985 : 4 559 kg/ha pour une moyenne africaine de 1 094 kg/ha et 5 699 kg/ha en France).

- Avant la mise en eau du lac Nasser, le Nil véhiculait un faible débit pendant de longs mois. Les nappes étaient drainées par le lit et leur abaissement permettait le lavage partiel des terres. Des barrages nouveaux ont été construits depuis. Maintenant le débit utilisé pour l'irrigation est plus soutenu. Il en va de même au cœur de l'étiage pour permettre le franchissement de certaines écluses de vieux barrages à la navigation. Un équipement en drainage profond avec pompage est une nécessité pour assurer le lavage des terres.
- L'érosion des côtes est un problème préoccupant. Elle est en cours d'étude par le P.N.U.D.

- L'abaissement du lit de la rivière était pronostiqué et redouté. De l'examen de la situation à Esna (site du premier barrage-tête de canal d'irrigation en aval d'Assouan) où l'abaissement du lit est limite, un nouveau barrage est en construction pour pallier la fragilité du barrage existant construit au début du siècle. Dès avant la construction d'Assouan, l'écluse ne pouvait fonctionner en étiage. Depuis la construction du barrage, on a effectivement noté certaines érosions régressives, de l'ordre de 0,70 m dans les trois ans suivant la construction du batardeau du barrage d'Assouan.

Certains pensent qu'une crue importante intervenue pendant la construction du batardeau a entraîné le transfert de sable sans amortir le débit liquide de façon significative. A l'heure actuelle, l'abaissement de niveau (par rapport à la situation avant Assouan) reste limité à 0,80 m environ : il ne semble pas qu'il se poursuive.

Assouan a été un aménagement dur dont il est difficile de tirer un bilan exact. Il a permis à l'Egypte (accroissement de un million d'habitants tous les dix mois environ) de faire face à plusieurs années sèches consécutives, grâce à l'eau du réservoir qui a été progressivement déstockée.

3.2. Le barrage de Turkwel au Kenya

Quoique classé parmi les pays très pauvres, le Kenya est caractérisé par un secteur industriel vivace et très prospère. Pour satisfaire ses besoins en énergie, le Kenya doit importer de l'Ouganda une partie de son électricité. L'hydroélectricité représentant une de ses principales richesses industrielles, le Kenya a décidé la construction d'un barrage hydroélectrique sur la rivière Turkwel, dans le Nord-Ouest du pays. Cet aménagement représente 25 % de la puissance installée du Kenya.

Le site est situé dans les Gorges de Turkwel, que la

(*) Effectivement, 50 000 à 100 000 Nubiens ont été déplacés lors de la mise en eau du barrage et ont dû être réinstallés en aval d'Assouan.

rivière traverse avant d'atteindre la plaine et le lac du Turkana, qui représente son exutoire. En aval du barrage, la Turkwel reçoit quelques affluents éphémères et un seul affluent pérenne, la Malmalte.

L'impact de l'aménagement à l'amont ne présente pas d'aspects négatifs :

- Il n'y a pas d'installation permanente ni d'agriculture dans la zone noyée par le barrage ;
- La production potentielle de poissons est estimée entre 100 et 150 tonnes par an ;
- La proximité de 2 parcs nationaux et les infrastructures installées pour l'aménagement pourront permettre le développement du tourisme dans le futur.

A l'aval, l'effet de régulation du barrage compensera largement les pertes d'eau et sera bénéfique pour la végétation, la nappe étant rechargée presque en permanence et maintenue à un niveau plus constant.

La diminution du débit de la rivière Turkwel n'aura pas d'influence sur le lac Turkana, la Turkwel ne représentant que 2 % des apports totaux du lac.

Les études ont montré que l'abaissement du lit en aval du barrage pourrait atteindre plusieurs mètres après une période de 10 ans. Cet abaissement aurait une conséquence dramatique sur la forêt située le long de la rivière, dans la plaine. Cette forêt représente la principale zone verte de la région sèche du Turkana. Elle fournit fruits et nourriture pour les populations et la faune pendant la saison sèche.

L'abaissement maximal admissible a été fixé à 1,5 m, ce qui représente les fluctuations saisonnières moyennes de la nappe dans des conditions naturelles. Cette condition d'abaissement peut être assurée par la construction d'une série de 54 seuils construits en rivière, de 0,6 m de chute. Il est recommandé de commencer immédiatement la construction de ces seuils, en commençant par l'amont.

Le développement agricole à l'aval devrait concerner environ 1 250 ha irrigués. Cependant, l'installation de population risque d'entraîner une destruction progressive de la forêt pour satisfaire les besoins en combustible. Un programme de protection est prévu pour limiter cet effet, comprenant entre autres :

- approvisionnement en énergie de substitution (kérozène),
- plantations d'arbres,
- mise en place de mesures de protection de la forêt,
- programme d'éducation des personnes nouvellement installées.

3.3. Bangladesh : durcissement du mode d'aménagement après les crues de 1987 et 1988*

Après les crues assez exceptionnelles de 1988 et 1987, la pression des populations a conduit à revoir les principes de protection contre les crues jusqu'alors retenus. Il est plus juste de dire protection contre les effets des crues et développement. La protection contre les crues est en effet confondue avec le développement agricole et industriel pour faire face à la croissance de la population (70 millions

d'habitants en 1975 — 107 millions en 1988, 200 millions escomptés en 2007).

L'origine des crues au Bangladesh est marquée par une prédominance soit de l'abondance des précipitations locales (1987), soit des apports extérieurs au pays (1988) par le Gange, le Brahmapoutre et la Meghna. Le pays ne présente pas de relief. Le drainage des zones endiguées par des procédés gravitaires n'est pas toujours possible. Des cyclones violents susceptibles de générer des surélévations du niveau de la mer et des tempêtes constituent une autre menace pour les zones côtières. On craint que les ressources en eau de la nappe ne soient limitées et ne soient affectées par la salinité. On craint également que l'effet de serre apporte des complications dans les prochaines années.

Le développement et la lutte contre les crues s'étaient articulés autour de l'aménagement de « petits » périmètres protégés par des endiguements et installés au milieu de zones encore ouvertes aux inondations et en principe susceptibles de s'en accommoder. Beaucoup de ces projets ont été réalisés grâce à une aide internationale s'attachant beaucoup à encourager toutes les initiatives promues par les autorités locales. Parfois l'homogénéité des projets entre eux a laissé à désirer. Une période de quelques années sans crue trop marquée a permis d'oublier certains risques encourus.

La crue de 1988 a causé la mort directe d'un nombre limité de personnes. Les pertes agricoles directes ont été globalement et partiellement compensées par la récolte de replantation ayant suivi la crue.

Les pertes en bétail ont été importantes. Il en va de même pour les pertes industrielles dans la région de Dakha. L'interruption des communications et la pollution et le manque d'eau potable ont entraîné la malnutrition et la maladie.

Dans l'espoir d'améliorer la sûreté du développement tant agricole qu'industriel, il est envisagé de procéder à un endiguement systématique des rivières principales. Le drainage des zones protégées sera réalisé par pompage chaque fois que la solution gravitaire ne suffit pas.

De nombreuses difficultés se présentent :

- Tenue des digues et fiabilité des protections. Le déplacement en plan des lits conduit à prévoir des systèmes d'épis ou des protections de berges gigantesques pour barrer la progression d'affouillements qui se développeront sur des profondeurs excédant 30 à 60 mètres. Le doublement des digues permettra, dans l'espace compris entre les deux systèmes de digues équipé de diguettes transversales, de contrôler la surface inondable par les rivières en cas de rupture du système d'endiguement extérieur ;
- Importance et durée des travaux. L'élaboration progressive du système de défense ne doit pas pénaliser les zones dont la protection n'est pas encore établie. Le contrôle des états intermédiaires est délicat ;

(*) Etude de protection contre les crues effectuée en 1989 par le Consortium FEC (BCEOM - CNR - Coyne et Bellier - EDF - SOGREAH).

- Organisation des infrastructures du pays pour qu'il supporte des crues comparables à celles de 1988 et susceptibles de franchir ou rompre les systèmes d'endiguements ;
- Préservation de l'environnement et des ressources, partie intégrante du mode de vie au Bangladesh.

3.4. Une solution douce : le développement du cours moyen de l'Incomati, au Mozambique (v. fig. p. suiv.)

Indépendant depuis juin 1975, le Mozambique, dont la superficie s'élève à près de 800 000 km², a une population totale d'environ 13 500 000 habitants dont 80 % dans les zones rurales. La capitale Maputo regroupe de l'ordre de 800 000 habitants.

Les séquelles de la guerre d'indépendance, le départ massif des cadres étrangers, les difficultés internes dues à l'insécurité ont rendu difficile le rétablissement de la vie économique.

Plusieurs années de sécheresse successives, suivies d'inondations, ont provoqué une chute de la production agricole, en particulier dans les provinces de Gaza, Maputo et Inhambane.

Le produit intérieur brut par tête, qui croissait de 2,8 % par an dans la période 1977 à 1981, a chuté au rythme de 6,9 % par an en 1982 et 1983.

L'agriculture, qui constitue la principale activité économique, a vu son développement freiné à la fois par les calamités météorologiques, les difficultés d'approvisionnement en facteurs de production et de commercialisation des produits, enfin par les bouleversements apportés aux structures agraires traditionnelles.

Les importations de produits alimentaires augmentent depuis 1977, avec depuis, pour résultat, une dégradation de la balance extérieure, quelque peu atténuée, il est vrai, par l'aide alimentaire internationale.

Au rythme d'augmentation de la population de 2,6 % par an, le Mozambique comptera, à l'horizon 2005, 25 millions de personnes, soit deux fois plus de consommateurs qu'actuellement.

L'autosuffisance alimentaire dans les années à venir nécessitera à la fois une croissance de la production et un accroissement de la productivité du travail en agriculture, car chaque actif agricole devra produire pour davantage de consommateurs.

Les conditions physiques du Mozambique sont généralement favorables à l'agriculture pluviale, mais aussi à l'agriculture irriguée dans les vallées du Bas-Zambèze, du Limpopo et de l'Incomati, et devraient permettre d'atteindre l'équilibre alimentaire à moyen et long terme.

La vallée de l'Incomati en particulier devra participer à cet équilibre.

Le plan de développement du cours moyen de l'Incomati a été établi en prenant en compte, non seulement les aptitudes des sols et des possibilités d'irrigation et de drainage, mais aussi le traitement des crues.

En amont de la zone du projet, la rivière a un lit unique (cf. croquis joint). En rive droite, une partie des débits des plus fortes crues (600 m³/s en 1984) se déverse dans le

Tsatsimbe-Cuenga, 2 200 m³/s étant encore charriés par l'Incomati proprement dit dans la traversée de Magude. A Xinavane, l'Incomati se partage à nouveau en deux bras : l'Incomati Velho et le Munhvana. Ce dernier, qui véhicule un débit important, va emplir une partie du lac Chuali. L'Incomati Velho rejoint l'émissaire du lac vers l'Ihla Josina qui est en général largement inondé chaque année — l'eau étant bloquée plus en aval — vers le débouché du Cuenga.

L'étude des ressources en eau de surface (un barrage construit en amont permettra de régulariser les apports dont une partie en étiage est détournée sur un autre bassin versant) ou souterraine et le zonage des terres a montré que 60 % des terres se prêtaient à l'irrigation et qu'une bonne partie des terres restantes pouvait être exploitée malgré la présence de terres légèrement salées.

Le développement de l'irrigation sera poursuivi le long du Cuenga et en amont de Ihla Josina.

Le départ du Tsatsimbe sera organisé en un ouvrage permettant de dériver une partie du débit de l'Incomati en étiage pour faciliter l'irrigation des abords du Tsatsimbe. Assurer un débouché à fort débit en améliorant les conditions d'écoulement par dragages est une opération coûteuse et de longue haleine.

Aussi, afin de ne pas pénaliser des surfaces en cours de développement, il a été décidé de ne pas changer la distribution des débits de crue observée en 1984 et assez peu les niveaux pour ménager le même amortissement des crues. Cette solution a de plus le mérite de ne pas déséquilibrer le transport de sable, les lits actuels paraissant en équilibre.

L'ouvrage de captage à installer au droit de Mohale (départ du Tsatsimbe) aura une capacité limitée à 15 m³/s environ. Un double système de vannage permettra de régler la répartition des débits d'étiage entre l'Incomati et le Tsatsimbe.

La fermeture de la rivière Incomati en étiage sera soit un ouvrage submersible, soit un ouvrage fusible réhabilité chaque année et constitué d'un mélange de sable et de sol cohésif. Il sera complété par des seuils implantés le long du Cuenga dont le rôle sera de diminuer l'énergie (et la capacité de transport) de la rivière et d'installer des stations de pompes semi-permanentes.

Il sera également complété par un seuil placé en amont de l'ouvrage de dérivation capable d'évacuer jusqu'à 600 m³/s à partir du moment où le débit atteint de 1 800 à 2 000 m³/s dans la rivière.

La partie aval de l'aménagement sera toujours globalement inondable. La partie la plus riche sera isolée par des digues de faible hauteur mettant les terres à l'abri des crues moyennes, mais ne gênant pas l'épandage des crues plus importantes. Les cultures devront être récoltées de toute manière avant le 31 décembre (les crues principales n'intervenant qu'après le 15 janvier et pouvant durer deux mois), le reste des terres inondables resteront inondables. On doublera simplement le lit tortueux des rivières par des canaux de drainage dont le rôle sera d'éviter les submersions par les crues secondaires et d'accélérer la mise à sec à la fin des crues principales.

AMÉNAGEMENT HYDRO AGRICOLE DE LA VALLÉE DE L'INCOMATI