

14288

La dimension environnementale de la gouvernance et de la gestion transfrontières de l'eau

Jackie King, Water Matters et Université de Cape Town,
Afrique du Sud, mai 2009

1. Introduction

Les rivières, les zones humides et les lacs sont les principaux pourvoyeurs de l'eau et des nombreuses autres ressources qui soutiennent les communautés humaines et jouent un rôle essentiel dans leur vie. L'eau et les riches sols alluviaux du Nil, du Tigre et de l'Euphrate, de l'Indus, du Mékong et du Yangtzi ont permis l'émergence de civilisations comptant parmi les toutes premières de notre planète. Le rôle central joué par l'eau dans le développement de ces sociétés humaines a incité certains auteurs à parler de « civilisations hydrauliques » (Wittfogel 1956). Le va-et-vient saisonnier des eaux de crue sur les vastes plaines alluviales de ces fleuves a façonné les croyances et les cultures, soutenu les pêches qui ont alimenté des nations entières, arrosé les terres d'élevage, défini le calendrier des semailles et des récoltes et reconstitué les stocks de nutriments du sol pour les récoltes de l'année suivante. Ces modes de vie n'ont que très peu changé dans de nombreuses communautés de la planète, en particulier dans les régions en développement.

Il est admis de nos jours que les écosystèmes aquatiques terrestres fournissent une gamme de services dont dépend l'ensemble de l'humanité, à savoir :

- les services de production :
 - plantes et animaux comestibles
 - eau
 - matières premières : bois, pierre et sable pour le bâtiment, bois de chauffage, ressources génétiques et médicaments
 - produits ornementaux pour l'artisanat et la décoration
- les services de régulation :
 - alimentation de la nappe souterraine
 - atténuation des crues
 - stabilisation des sols
 - purification de l'eau
 - dilution des polluants
- les services culturels :
 - spirituels
 - religieux
 - valeur esthétique
 - inspiration littéraire, musicale, artistique et photographique
 - symboles nationaux
 - publicité

- les services d'appui :
 - recyclage des éléments nutritifs
 - formation des sols
 - pollinisation
 - fixation du carbone
- les services de reproduction
- etc.

Cet ensemble de services écologiques fournis par les écosystèmes aquatiques terrestres est estimé à environ 6 milliards de dollars É.-U. par an (Postel and Richter 2003), et les marais, les plaines alluviales et les estuaires sont les écosystèmes de la planète ayant la plus forte valeur par unité de surface (Costanza *et al.* 1997 in Postel and Richter 2003). Aussi approximatives que ces valeurs puissent être, elles reflètent les rôles cruciaux que les écosystèmes dulcicoles jouent dans nos vies. Si nous admettons également que l'eau douce est probablement la ressource propre à limiter la croissance mondiale, ils peuvent sans aucun doute être considérés comme les écosystèmes les plus importants de la planète. Mais ils sont également les plus vulnérables.

Le présent document est axé sur les rivières mais les principes généraux formulés s'appliquent également aux autres plans d'eau transfrontières tels que les lacs. Je résume :

- les rivières en tant que systèmes vivants ;
- la dépendance des utilisateurs vivriers à leur égard ;
- la vulnérabilité des écosystèmes fluviaux et les impacts de l'aménagement des ressources en eau sur ces écosystèmes et leurs utilisateurs ;
- les attributs des écosystèmes fluviaux et les considérations connexes les plus importants lorsque l'on envisage un aménagement ;
- une nouvelle approche proposée concernant la prise de décision et la gestion des ressources en eau ;
- le rôle apparent des organisations responsables des bassins hydrographiques, l'intégration des considérations environnementales dans leurs plans et pratiques et leur succès dans le cadre de cette nouvelle approche.

Pour terminer, je formule quelques recommandations en matière de politique qui pourraient marquer une évolution vers une utilisation véritablement durable des ressources en eau.

2. Les rivières en tant que systèmes vivants

Nous concevons les rivières comme de simples canaux conduisant de l'eau mais ils sont en fait beaucoup plus complexes que cela. Les marais, les plaines alluviales, les marécages, les bords de rivière, les réseaux de canaux secondaires, les estuaires et les eaux souterraines, avec leurs plantes et animaux caractéristiques, font tous partie du système fluvial et contribuent tous à la diversité de la rivière et aux services tant appréciés par l'humanité.

Comme les autres écosystèmes terrestres, les rivières sont régies par un ensemble de conditions physiques et chimiques qui déterminent les habitats de la faune et de la flore ainsi que la part disponible aux hommes. Dans les rivières, le principal agent physique est le débit de l'eau. L'évolution quotidienne de ce débit entre la source et la mer crée au fil des ans et des décennies toute une gamme de conditions propices au développement d'une grande diversité d'animaux et de plantes. Nous savons tous que ces différents débits sont importants pour maintenir la rivière en bonne santé. Les crues purgent les lits des rivières des polluants, déplacent et trient les sédiments et maintiennent la taille et la forme du lit de sorte que les crues à venir aient suffisamment d'espace pour s'écouler dans le réseau. Elles inondent les plaines alluviales, entraînant la migration des poissons et la ponte des œufs nécessaires à la survie des pêches. Les crues entretiennent la végétation des plaines alluviales et des bords de rivières, et cette végétation protège la terre de l'érosion tout en fournissant de précieuses ressources telles que le bois, les fruits et les médicaments. Différentes bandes de végétation se forment le long des plaines alluviales et des cours d'eau, reflétant les différents besoins des espèces en matière de crues et de sécheresse. Les faibles débits sont aussi importants que les crues et fournissent des eaux calmes propices à la reproduction de certaines espèces végétales et animales et à la croissance des jeunes individus avant la prochaine saison des crues.

L'évolution de ces débits au cours de l'année est aussi importante que leur taille alors que les espèces ont évolué pendant des millénaires pour vivre en harmonie avec les régimes hydrologiques annuels ou à long terme de la rivière. Les espèces végétales ont évolué pour fleurir et fructifier à des moments spécifiques du régime hydrologique annuel, les poissons frayent lorsque les conditions de température et de débit sont favorables à la survie des alevins, et les insectes sortent de l'eau pour s'accoupler et pondre à des moments spécifiques de l'année, lorsque la température ambiante, l'alimentation et les autres conditions sont optimales. Certaines espèces se développent le mieux pendant les années les plus sèches tandis que d'autres préfèrent les années humides et c'est ainsi que l'équilibre des espèces est maintenu sans domination des unes ou des autres mais plutôt avec une évolution au fil des ans. C'est ce processus même qui permet de contenir les populations d'animaux et de plantes nuisibles qui sont des éléments naturels de l'écosystème mais qui, dans un système en bonne santé, sont maintenus en faible nombre en raison de la concurrence des autres espèces.

La qualité de l'eau est aussi importante que sa quantité car chaque espèce animale et végétale ne peut survivre que dans certaines conditions chimiques et thermiques. La modification de la qualité et de la quantité de l'eau entraîne une réaction de ces espèces qui n'est pas sans incidence sur les êtres humains comme on le verra plus loin.

Pour résumer, les rivières sont des systèmes vivants. Les aménagements qui modifient l'eau qui les maintient en bonne santé, tels que les barrages ou les dérivations, entraînent des réactions des rivières tout comme la modification de notre alimentation entraîne des réactions de notre organisme.

3. Utilisateurs vivriers des rivières

La majorité d'entre nous utilise les rivières d'une manière ou d'une autre mais les liens entre les hommes et les rivières sont les plus étroits dans les pays en développement, où les modes ruraux de subsistance suivent le cycle annuel du débit ; les liens culturels, religieux et récréatifs avec la rivière ont une signification profonde ; et les ressources de la rivière peuvent apporter un secours bienvenu suite à un traumatisme familial tel que la mort du soutien de famille ou la perte d'un emploi.

L'utilisation vivrière des rivières couvre l'eau mais aussi les protéines (poissons, oiseaux, grenouilles, reptiles, invertébrés, mammifères, etc.), les légumes sauvages, les aromates, les épices, les médicaments, les matériaux de construction et d'artisanat (papyrus, palmes, roseaux, laîches, bois, argile, sable, etc.) et le bois de chauffage tandis que les rives et plaines alluviales servent à l'élevage et à la culture en période de décrue. Les plantes riveraines protègent les côtes et fournissent de l'ombre, des habitats et des aires de reproduction pour la faune et la flore sauvages qui peuvent être importantes pour l'alimentation ou la protection de l'environnement. Chacun de ces avantages sera lié à des parties spécifiques du réseau fluvial avec leurs régimes spécifiques de crues et de faibles débits et la modification de ces régimes hydrologiques entraînera le déclin, voire la disparition, de ces avantages. Quatre zones humides du Zambèze (Barotse, Chobe-Capriivi, Lower Shire et Delta) ont une valeur totale estimée à plus de 200 millions de dollars É.-U. par an (Turpie *et al.* 1999) et fournissent des services qui ne peuvent être facilement remplacés si l'état du fleuve se dégrade, en raison de la taille et de l'éloignement géographique des zones concernées. De même, les pêcheries du Mékong sont les plus importantes pêcheries fluviales au monde, pourvoient directement à la subsistance de plus de 40 millions de personnes et ont une valeur estimée à au moins 2 milliards de dollars É.-U. par an (Turton *et al.* 2003). Bien qu'il n'ait pas été chiffré, le nombre de personnes dont la subsistance dépend des réseaux fluviaux doit être de l'ordre de centaines de millions. Ces personnes comptent parmi les membres les plus vulnérables de la société, sont généralement pauvres et risquent d'être les plus profondément touchés par l'aménagement des ressources hydriques tout en ayant le moins de chances d'en bénéficier.

4. Les impacts écologiques et sociaux de l'aménagement des cours d'eau

Lorsque le régime hydrologique naturel ne fournit pas l'eau et les autres produits potentiels d'une rivière à l'endroit et au moment requis, les barrages, systèmes d'irrigation et autres aménagements des ressources hydriques sont devenus autant de solutions acceptées pour répondre à la demande. Les barrages permettent ainsi d'améliorer la sécurité de l'approvisionnement en eau en stockant les eaux de crues pour les libérer ensuite vers les zones urbaines et agricoles lorsque le besoin s'en fait sentir. Ces aménagements ont procuré de nombreux avantages à l'humanité et la majorité du monde développé profite d'une manière ou d'une autre des cultures irriguées, de l'hydroélectricité, d'un approvisionnement en eau garanti, de la régularisation des crues ou de l'amélioration de la navigation. Ces avantages sont de plus en plus recherchés, et obtenus, par les pays en développement. Mais l'expérience montre que l'objet fondamental des barrages, à savoir modifier le régime hydrologique des

cours d'eau, a eu pour conséquence imprévue de dégrader les rivières à l'échelle de la planète (Encadré 1).

Cette dégradation peut prendre plusieurs formes qui, d'une manière ou d'une autre, ont des coûts pour l'humanité : érosion des rives et perte de terres ; sédimentation et réduction de la vie active des réservoirs en aval ; perte des plaines alluviales et de leur utilisation par le bétail et la faune et la flore sauvages ; effondrement des pêcheries intérieures, estuariennes et marines dépendant des rivières ; déclin de la qualité de l'eau entraînant l'augmentation du coût de production de l'eau potable ; augmentation des plantes et des animaux nuisibles pour les hommes et le bétail, avec les conséquences sanitaires qu'elle implique ; perte de la végétation des rives due à l'absence de crues ou à leur survenue au mauvais moment de l'année, pour ne citer que quelques exemples. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les crues et les sécheresses peuvent être plus graves lorsque les rivières sont aménagées (Adams 2000) tandis que les impacts des barrages peuvent être ressentis en amont, où les populations peuvent être touchées à 100 % par la submersion de leurs terres par le réservoir, et loin en aval, où un nombre beaucoup plus grand de personnes peut être victime de modifications moins totales mais tout aussi importantes dues au déclin de la santé de la rivière.

L'état des rivières du monde s'est ainsi sérieusement dégradé et cette tendance se poursuit. Cinquante-quatre pour cent du débit disponible des rivières ont déjà été appropriés par les hommes et ce chiffre devrait passer à 70 % d'ici 2025 (Postel *et al.* 1996). De grands fleuves comme le Murray-Darling en Australie et le Colorado aux États-Unis, ainsi que d'innombrables rivières de moindre importance, atteignent tout juste la mer ou ont des régimes hydrographiques modifiés à tel point que la forte productivité de leurs estuaires et deltas s'est trouvée nettement réduite. Dans les pays en développement, les rivières moins aménagées restent d'importantes sources de protéines pour des centaines de millions de personnes éparpillées sur de vastes distances, difficilement accessibles et dans l'incapacité de pratiquer l'aquaculture (Revengea and Cassar n.d.). En Afrique par exemple, la contribution des pêcheries sauvages (2 millions de tonnes) aux modes de subsistance est beaucoup plus importante que celle de l'aquaculture (283 409 tonnes) (FAO, 2003).

Encadré 1 Gains et pertes associés à l'aménagement des ressources en eau

Les réseaux fluviaux peuvent être gérés pour présenter différents niveaux de santé entre un état intact, lorsqu'ils fournissent une gamme de services naturels offrant des avantages aux êtres humains, divers états de modification, lorsque les services originaux disparaissent et d'autres apparaissent, et un état de dégradation grave, lorsque la majorité des services naturels disparaît. Les services qui apparaissent aux différents stades de modification du réseau peuvent être plus ou moins désirables que ceux qui disparaissent tandis que ces modifications ont toujours des coûts pour la société. Par exemple, les *produits* fournis par un écosystème fluvial intact peuvent être une eau de bonne qualité, des pêches abondantes, de vastes plaines alluviales qui soutiennent une faune et une flore sauvages abondantes et absorbent les eaux de crues, et un centre de diversité génétique propice à une exploitation médicale et scientifique future. Les *services de régulation* fournis peuvent être le stockage des hauts débits dans des plaines alluviales non perturbées, qui permet un débit tout au long de l'année et des crues d'ampleur moyenne ; une bonne stabilité des rives due à une communauté complexe d'arbres riverains, et donc une faible charge sédimentaire de la rivière ; et une excellente valeur récréative due à un cadre naturel de

type parc national. Ces produits et services représentent collectivement les *avantages* fournis par le réseau fluvial. Les *coûts* de ce réseau sont que la terre et l'eau ne sont pas utilisées pour la production agricole ou industrielle et que l'approvisionnement en eau ne peut être garanti pendant les périodes sèches puisque le débit n'a pas été maîtrisé ou stocké.

Au cours des premières phases d'aménagement, la qualité de l'eau, les pêcheries, les plaines alluviales et la valeur récréative peuvent décliner et certaines espèces disparaître avant même qu'elles soient connues de la science (coûts) mais le projet d'aménagement, un barrage par exemple, qui en est responsable aura entraîné une augmentation de la production alimentaire ou énergétique ou permis l'alimentation en eau courante des foyers (avantages). Lorsque de nouveaux aménagements offrant d'autres avantages de ce type sont réalisés, le débit de la rivière peut diminuer à tel point que les pêcheries disparaissent, que les plaines alluviales s'assèchent, que les arbres riverains meurent et entraînent l'érosion généralisée des rives et l'envasement des réservoirs en aval, que la qualité de l'eau devient telle que de coûteuses installations de purification sont nécessaires avant qu'elle ne puisse être consommée et que la zone n'est plus utilisée à des fins récréatives (coûts). Les coûts peuvent alors atteindre des niveaux inacceptables. La société peut penser que les pertes sont trop importantes et qu'un seuil minimal représentant un compromis acceptable entre l'aménagement et la protection de la rivière et de ses ressources naturelles aurait dû être fixé.

La nouvelle méthode scientifique reposant sur l'évaluation intégrée de l'écoulement des bassins aide les pays à comprendre les coûts et les avantages des aménagements et à négocier un équilibre acceptable entre aménagement et protection des ressources.

Malgré ce type de dépendance, au moins 20 % des poissons d'eau douce sont aujourd'hui éteints, menacés ou en danger (CMB, 2000). Victimes d'une démographie et d'une demande d'eau croissantes, la dégradation des habitats dulcicoles et la vitesse de disparition des espèces seraient aujourd'hui cinq fois plus importantes dans les écosystèmes aquatiques que dans les écosystèmes terrestres (Ricciardi *et al.* 1999). Bien que la dégradation des rivières entraîne pour la majorité d'entre nous la perte de zones récréatives, culturelles et religieuses, ce sont les populations rurales pauvres et vulnérables ayant des relations vivrières avec les cours d'eau qui risquent d'être le plus fortement touchées par leur aménagement tout en ayant le moins de chances d'en bénéficier (CMB, 2000).

Nul ne doute de l'importance de ces aménagements et des nombreux avantages associés. Mais ils s'accompagnent également de nombreux coûts, qui peuvent être atténués à des degrés divers si l'on adopte une nouvelle approche. Cette approche reconnaît la nature et les attributs de l'écosystème fluvial vivant et en tient compte plutôt que de les ignorer (Section 7).

5. Importantes considérations sur les écosystèmes concernant l'aménagement des ressources en eau

5.1 Frontières

Les rivières transfrontières sont en concept inventé par l'homme. Les rivières n'ont pas de frontières si ce n'est les limites naturelles qui définissent leurs bassins versants. Les rivières existent en tant qu'entités s'étendant de leur source jusqu'à la mer et ont deux caractéristiques

qui les rendent particulièrement vulnérables. La première est qu'elles servent de point de drainage pour leur bassin, et sont à ce titre parfois désignées les « reins du bassin », recevant et transformant tous les matériaux drainés par le paysage jusqu'à elles. Les caractéristiques du paysage et les activités qui y sont menées peuvent directement affecter les rivières. L'eau, les sédiments, les substances chimiques et de nombreuses autres matières suivent naturellement les pentes pour alimenter les rivières mais dans les bassins déboisés abritant des zones urbaines et des terres agricoles, des charges plus importantes et variées atteignent la rivière, modifiant son état et sa capacité à fournir de précieux services écosystémiques. La seconde est que l'écoulement rapide de l'eau vers l'aval le long des lits de rivières signifie que les activités menées en amont sont ressenties en aval beaucoup plus rapidement et plus loin le long de la rivière que dans les zones environnantes. C'est pour ces deux raisons que les rivières ne peuvent être protégées par des clôtures et doivent plutôt être gérées de manière intégrée dans l'ensemble de leur bassin d'alimentation. Les aménagements en amont des ressources en eau se feront sentir en aval à des degrés divers en termes de modification des services écosystémiques. Les aménagements en aval tels que les barrages peuvent également se faire sentir en amont s'ils empêchent, par exemple, des poissons à remonter le courant vers leurs aires de reproduction et d'alimentation.

5.2 Régime d'écoulement et variabilité du débit

Le rôle dominant joué par le régime d'écoulement des rivières a été décrit à la Section 2. Les aménagements des ressources en eau qui s'attachent uniquement à manipuler des volumes d'eau pour répondre à la demande en aval ignorent la moitié de l'équation en se concentrant sur les avantages sans tenir compte des coûts potentiels de la dégradation des écosystèmes. Pour résumer : tous les éléments du régime d'écoulement (et leur échelonnement dans le temps) sont nécessaires pour qu'une rivière reste en bonne santé. Les faibles débits, les petites et les grandes crues jouent différents rôles et doivent tous être pris en compte dans un plan équilibré d'aménagement des ressources en eau. Les infrastructures hydrologiques telles que les barrages ont pour objet de modifier le régime d'écoulement et réduisent souvent la variabilité du débit à un écoulement constant qui déclenche diverses réactions physiques, chimiques, thermiques et biologiques de la part de la rivière. Nous disposons aujourd'hui des compétences techniques nécessaires pour analyser ce régime d'écoulement et prédire, de manière écologiquement pertinente, sa réaction à différents types d'aménagements. Dans le cadre du développement durable, cette analyse devrait devenir un élément standard de la planification des aménagements des ressources en eau.

5.3 Réseau de drainage

Les rivières varient en fonction du climat et de la géologie de leur bassin. Certaines sont courtes et escarpées tandis que d'autres sont longues et couvrent de vastes étendues plates où le débit est faible. Les plaines alluviales, les méandres, les lacs etc. sont caractéristiques de certaines zones et les civilisations humaines ont évolué en fonction de ces caractéristiques qu'elles mettent à leur profit. L'ensemble du réseau fluvial influence sa nature en un point quelconque. Les plaines alluviales stockent par exemple les eaux de crue qu'elles libèrent lentement lorsque le débit est faible, entretenant ainsi l'écoulement en aval au cours de la saison sèche. Si des

barrages et digues sont construits pour éviter l'inondation de ces plaines, cette importante fonction de tampon disparaît et l'écoulement en aval devient plus extrême : les crues deviennent plus fortes et les débits plus faibles et moins fiables. Les plaines alluviales sont également d'importantes zones de recharge des nappes souterraines et leur perte entraîne l'abaissement de la nappe phréatique et rend les eaux souterraines moins accessibles aux hommes, aux animaux et aux plantes.

5.4 Hydraulique fluviale

Les rivières ne réagissent pas au régime d'écoulement en tant que tel mais à sa manifestation en termes de conditions hydrauliques. Des débits de taille différente produisent des eaux plus ou moins profondes et rapides et plus ou moins susceptibles d'inonder les rives et les plaines alluviales. La configuration d'écoulement naturelle influence depuis des centaines d'années l'emplacement des ponts (et leur hauteur), des cultures et des maisons mais aussi des habitats des animaux et des végétaux dans le réseau hydrographique. Les communautés humaines tiennent compte de l'hydraulique fluviale lorsqu'ils établissent leurs zones urbaines, tout comme les utilisateurs vivriers lorsqu'ils récoltent les produits de la rivière. La modification du débit de la rivière, et de nombreux changements concernant l'utilisation des terres du bassin, auront des conséquences hydrauliques devant être comprises avant de procéder à des aménagements.

5.5 Sédiments et morphologie des lits de rivières

Le sol produit dans un bassin d'alimentation descend le long des pentes et, le moment venu, entre dans le réseau fluvial. Les eaux déplacent les sédiments le long du lit de la rivière, les trient par taille en zones de grosses pierres, de graviers et de sable et créent ainsi une mosaïque d'habitats pour différentes espèces animales et végétales ; elles construisent des bancs de sable, des deltas et des îles ; et déposent sur les rives et les plaines alluviales des sols riches en éléments nutritifs qui contribuent à leur forte productivité. Les barrages empêchent le mouvement des sédiments, si ce n'est des plus petits, et privent ainsi la rivière de sa principale source de reconstitution en aval, entraînant l'érosion des rives et des estuaires, la perte des îles et le retrait des deltas. Dans certains cas, les impacts conjugués de la perte de sédiments due aux barrages et de l'augmentation de l'érosion des sols due aux paysages dénudés peuvent parfois se neutraliser en aval mais un ajustement sera toujours nécessaire, processus qui pourrait prendre des décennies voire un siècle ou plus. Dans certains barrages, les sédiments qui s'accumulent dans le réservoir sont périodiquement libérés vers l'aval à l'aide d'une trappe de fond mais l'évacuation de ces sédiments est limitée à une petite zone se trouvant à proximité immédiate de la digue et peut sérieusement endommager l'écosystème suite au rejet de matières parfois toxiques dans les habitats fluviaux. La compréhension et la gestion des régimes de sédimentation des rivières sont aussi importantes que la gestion de leur régime d'écoulement.

5.6 Qualité de l'eau

La qualité de l'eau est un terme général que j'ai utilisé ici pour inclure les éléments chimiques de l'eau ainsi que ses propriétés chimiques et thermiques. Les aménagements des ressources

en eau modifient la qualité de l'eau à bien des égards. Les modifications du débit peuvent se traduire par une quantité moindre d'eau susceptible de diluer les polluants se trouvant en aval ou de nettoyer les lits des rivières. Les barrages libèrent le plus souvent de l'eau dont la température (généralement plus basse) et la teneur en oxygène sont différentes de celles de l'eau entrant dans le réservoir. En aval, ceci peut se traduire par une eau impropre à la consommation humaine ou au lavage et trop froide pour que de nombreux poissons ou autres espèces puissent se reproduire au moment opportun de l'année. Les poissons jaunes de Clanwilliam, dans la rivière Olifants en Afrique du Sud, ne pondent par exemple que si la température de l'eau est supérieure à 19 °C mais pas lorsqu'elle descend à 18°C (King *et al.* 1998), ce qui s'est produit lorsqu'un barrage a déversé de l'eau d'irrigation froide provenant des niveaux inférieurs de son réservoir. Les rivières qui s'écoulent vers la mer moins rapidement qu'elles ne le feraient naturellement peuvent être envahies par de l'eau saline sur plusieurs kilomètres, rendant ainsi inutilisables les prises d'eau devant alimenter les zones urbaines côtières.

5.7 Végétation

La partie vivante la plus évidente et la plus abondante de l'écosystème fluvial est sa végétation. Différents types de végétation vivent sous l'eau, sur les rives et dans les plaines alluviales. Un système fluvial contient généralement des centaines d'espèces, qui forment dans le paysage une mosaïque reflétant leurs différents besoins hydriques et pédologiques. La modification de la qualité, de la quantité et de la température de l'eau entraîne une modification de la végétation. Certaines espèces importantes pour l'alimentation ou d'autres ressources précieuses pour les hommes, le bétail ou les animaux sauvages peuvent régresser ou disparaître tandis que le nombre d'autres espèces sans valeur ou nuisibles peut augmenter. Le barrage de Cahora Bassa, sur le cours inférieur du Zambèze, a ainsi éliminé presque toutes les inondations du delta du Zambèze et entraîné une perte de 40 % des mangroves ainsi que l'érosion des côtes (Davies *et al.* 2000).

5.8 Animaux fluviaux

Quelle que soit leur taille, les animaux fluviaux jouent des rôles critiques dans le fonctionnement de l'écosystème et un grand nombre d'entre eux ont d'autres valeurs dans nos sociétés. Les petits invertébrés vivent dans l'eau avec les plantes et servent d'aliments aux plus grandes créatures telles que les poissons. Leur nombre peut atteindre des milliers par mètre carré de lit de rivière tandis qu'ils dépolluent l'eau et permettent ainsi sa réutilisation par un plus grand nombre de communautés humaines le long du cours d'eau. Les poissons, les reptiles aquatiques tels que les crocodiles, les mammifères semi-aquatiques tels que les hippopotames et les loutres, les animaux terrestres qui dépendent des rivières et les oiseaux aquatiques fournissent tous une alimentation ou d'autres ressources et peuvent également avoir une valeur élevée sur le plan de la conservation. L'aménagement des ressources en eau peut avoir un profond effet sur ces animaux, comme dans le cas du Zambèze mentionné plus haut, où le buffle du Cap est passé de 70 000 têtes à une situation proche de l'extinction en moins de 30 ans suite à l'absence de plaine d'inondation où ils peuvent pâturer (Davis *et al.* 2000) et à

l'amélioration de l'accès pour les braconniers et les cultivateurs. Les prises de crevettes estuariennes ont également baissé de 60 %.

5.9 Espèces et zones ayant une valeur culturelle et scientifique particulière

Les réseaux fluviaux représentent les artères de la biodiversité, nécessaires à la richesse de la faune et de la flore mentionnée plus haut, qui dépendent de la rivière et de ses ressources pour leur eau, nourriture et reproduction. Un grand nombre de ces réseaux attire l'attention internationale en raison de leur valeur en tant que réserve naturelle : 90 % des activités d'observation de la faune au Botswana ont par exemple lieu dans le delta de l'Okavango (Barnes 1996). Les réseaux qui abritent des espèces rares et emblématiques, telles que le poisson-chat géant du Mékong, ont une grande importance scientifique, culturelle ou religieuse. Tous ces services culturels peuvent être menacés par le développement.

5.10 Utilisation vivrière des rivières

Il y a peu de temps encore, l'utilisation vivrière des ressources fluviales par les populations rurales n'était pas prise en compte dans les plans d'aménagement et rares étaient les gens prêts à reconnaître que les impacts négatifs des barrages sur les populations ne se limitaient pas à la perte des terres submergées en amont pour former le réservoir mais s'étendaient également en aval à un nombre incommensurablement plus élevé suite au déclin ou à la perte des ressources fluviales. Au cours de la dernière décennie, ces pertes subies par les communautés situées en aval des barrages a été reconnue et leur compensation a été prise en compte dans certains projets d'aménagement. Ainsi, dans le cas du projet de mise en valeur des ressources en eau du Lesotho, l'élaboration de scénarios décrivant la modification attendue des écosystèmes a entraîné la compensation des communautés rurales vivant en aval pour les biens fluviaux perdus (services de production). La première tranche de paiement, qui s'élève à environ 3 millions de dollars É.-U., a été versée en 2004 (King et Brown, sous presse) pour la perte des services d'utilisation directe, c'est-à-dire des ressources telles que les poissons et les arbres.

5.11 Parties intéressées

Il est difficile de définir les parties intéressées dans le contexte d'un réseau fluvial car elles couvrent aussi bien les utilisateurs vivriers locaux que les touristes étrangers. Les principales parties intéressées sont sans doute les gouvernements des pays, auxquels pourraient s'ajouter les représentants de l'industrie, de l'agriculture, des zones urbaines, des utilisateurs vivriers, du tourisme, des parcs nationaux, des zones de conservation, etc. Au sein des gouvernements, les services responsables de l'approvisionnement en eau et en énergie, de la lutte contre la pauvreté, de la sécurité alimentaire, et des traités internationaux sur la biodiversité et d'autres questions seront probablement représentés.

Il apparaît clairement depuis deux ou trois décennies que l'interaction avec les parties intéressées est essentielle à chaque étape de la planification des bassins, de la prise de décision et de la gestion des ressources en eau. Les raisons sous-jacentes sont décrites à la

Section 6 et il suffit ici de dire que sans cette interaction, la santé des écosystèmes et les objectifs des aménagements des ressources en eau ne pourront pas être négociés dans le cadre d'un processus participatif, que les décisions ne représenteront pas un juste équilibre entre les avantages et les coûts et que l'utilisation durable à long terme du réseau fluvial risquera d'être compromise.

5.12 Estimation de la valeur des services écosystémiques

Outre les services d'utilisation directe, divers services écosystémiques indirects ont été mentionnés à la Section 1 : services de régulation, culturels, d'appui et de reproduction. Ces services sont difficiles à estimer en termes financiers et sont presque toujours ignorés dans les analyses économiques des plans d'aménagement. Leur estimation a été réalisée en 2005 pour le bassin inférieur du Mékong (MRC, 2005), à un niveau très grossier et avec un faible degré de confiance, lors de l'examen de trois niveaux d'aménagement possibles mais s'est limitée à une simple mention dans un document interne de la Commission du Mékong.

5.13 Besoin d'une approche intégrée de l'utilisation des ressources en eau

Compte tenu du vaste ensemble de connaissances techniques et sociales disponibles, du déclin mondial de la santé des rivières, et de la vigueur croissante des parties intéressées, le besoin d'adopter une nouvelle approche en matière de gestion des ressources en eau n'a jamais été aussi fort. Nous devons trouver le moyen d'appuyer les objectifs de développement national, de satisfaire les besoins alimentaires et de protéger les moyens de subsistance des populations rurales tout en préservant un environnement de plus en plus dégradé (King and McCartney 2007). Nous devons abandonner le statu quo pour définir une nouvelle façon de penser qui permettra une utilisation véritablement durable des rivières. Avec le recul, il est évident que si les arguments en faveur de l'aménagement des rivières ont été activement mis en avant (bloc supérieur du Tableau 1), les arguments prônant que ces aménagements tiennent dûment compte de l'état des rivières concernées et de leurs utilisateurs n'ont pas, jusqu'à une date très récente, été très bien défendus (bloc inférieur du Tableau 1).

Si seuls les avantages sont décrits, les décideurs pourraient à juste titre viser le scénario d'aménagement E du Tableau 1. Si l'on tient compte des données supplémentaires figurant dans le bloc inférieur, ce scénario apparaît toutefois moins séduisant et des scénarios antérieurs, représentés ici par les scénarios A à D, pourraient être envisagés par les gouvernements et les autres parties intéressées comme un équilibre optimal entre les coûts et les avantages (King and Brown, sous presse).

Cet équilibre pourrait varier d'un bassin à l'autre, les rivières qui traversent des parcs nationaux pouvant, par exemple, être maintenues à des niveaux de santé plus élevés que ceux des zones agricoles où la priorité est l'eau utilisée pour la production alimentaire. La mosaïque paysagère des différents états de santé des rivières refléterait les choix de la société concernant chaque bassin (ou sous-bassin) ainsi que l'équilibre acceptable entre les aménagements et la protection des ressources.

La détermination de ce point d'équilibre grâce à des études démographiques et hydrographiques, à une modélisation, à la recherche écosystémique, à la consultation du public, etc. me semble contribuer aux objectifs mondiaux du développement durable et de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). Ce point d'équilibre ne correspond pas à un choix technique mais sociétal, à un jugement de valeur sur le nombre de personnes prêtes à perdre des services écosystémiques pour bénéficier des avantages liés aux aménagements.

Les organisations de bassin sont-elles à même de prendre cette mesure ?

Tableau 1 Exemple hypothétique d'une grille d'informations pouvant être élaborée pour chaque partie d'un bassin. Dans la réalité, les indicateurs seraient plus nombreux et pourraient varier entre les rivières. Les croix représentent le niveau d'utilisation bénéfique de chaque scénario déduit des recherches et sont uniquement utilisées ici pour illustrer les tendances possibles concernant l'état de chaque indicateur. SA = Situation actuelle — pas nécessairement intact (King and Brown, sous presse). Pour une rivière dégradée, les scénarios pourraient décrire la réhabilitation possible, auquel cas les avantages pourraient diminuer dans le bloc supérieur et augmenter dans le bloc inférieur.

Indicateurs	Scénarios des niveaux croissants d'aménagement des bassins					
	SA	A	B	C	D	E
Avantages résultant d'activités humaines						
Production hydroélectrique	x	x	x	xx	xxx	xxx
Production agricole	x	x	xx	xxx	xxxx	xxxx
Sécurité de l'approvisionnement en eau	x	xx	xxx	xxx	xxxx	xxxx
Économie nationale	x	x	xxx	xxxx	xxxx	xxxx
Aquaculture	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
Attributs écosystémiques						
Pêcheries sauvages	xxxx	xxx	xxx	xx	xx	x
Qualité de l'eau	xxx	xxx	xx	xx	x	x
Fonctions des plaines alluviales	xxxx	xxxx	xxx	xx	x	x
Valeurs culturelles et religieuses	xxxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx
Régulateur écosystémique évitant d'avoir à compenser les utilisateurs vivriers	xxxx	xxx	xx	xx	x	x

6. Organisations responsables des bassins versants et gestion des écosystèmes fluviaux

Bien que les nombres cités varient, environ 261 bassins versants dans le monde sont partagés par au moins deux états souverains (Turton *et al.* 2003). Ils produisent 60 % du débit mondial d'eau douce, couvrent environ la moitié de la surface de la terre et assurent la subsistance d'environ 40 % de la population mondiale. Ces grands écosystèmes fluviaux traversent des frontières nationales et les interventions d'un pays peuvent être ressenties dans les pays voisins. Les systèmes de gouvernance régionale et multinationale tels que les organisations de bassin ont évolué pour aborder la question du partage et de la gestion de ces grands écosystèmes. Environ 140 institutions ou accords de ce type ont été mis en place entre au

moins deux pays ou États au cours des dernières décennies et leur répartition est relativement uniforme entre l'Afrique, l'Asie, l'Europe et l'Amérique du Nord et du Sud. La grande majorité de ces accords n'ont que deux signataires bien que les rivières puissent traverser plusieurs pays et certains pays ont signé plusieurs accords, ce qui peut poser des problèmes au niveau de leur application.

Traditionnellement, les organisations de bassin se sont axées sur le partage de l'eau, le maintien des droits de navigation, la coordination de l'aménagement hydroélectrique, etc. (bloc supérieur du Tableau 1). Suite aux récentes préoccupations sur le déclin des services écosystémiques des rivières, ces organisations se sont également intéressées à la santé des écosystèmes fluviaux. On a assisté à une prise de conscience croissante des avantages écologiques et sociaux liés à la bonne santé des rivières et du fait que la gestion des rivières devrait adopter une approche écosystémique de sorte à comprendre et gérer le scénario complexe des gains et des pertes possibles associées aux aménagements (blocs supérieur et inférieur du Tableau 1). Cela s'est toutefois avéré difficile dans la pratique. Parmi les nombreuses raisons pouvant expliquer pourquoi le fonctionnement de ces organisations n'est pas optimal (Mock, 2003), trois pourraient nuire à l'adoption d'une approche écosystémique intégrée.

Premièrement, de nombreuses organisations de ce type ont été constituées avant que l'importance des services écosystémiques des rivières ne soit reconnue à part entière. La Commission du Rhin a été créée en 1950 (Mock, 2003) et l'Organisation du Traité de coopération amazonienne en 1978. Cela signifie que les organisations constituées de longue date doivent modifier leurs objectifs lorsque les pays/États membres se mettent d'accord, ce qui peut prendre du temps car de nombreux gouvernements doutent encore du besoin de gérer la santé des écosystèmes ou de la méthode à suivre. On le voit au niveau des dirigeants de nombreuses organisations dont les compétences restent encore parfois orientées vers l'aménagement des ressources en eau plutôt que la gestion des écosystèmes.

Deuxièmement, le concept de durabilité n'est pas toujours concrètement défini ni bien compris. Il est encore moins bien mis en pratique, par les organisations de bassin mais également à l'échelle mondiale. Les concepts de durabilité et de santé écosystémique sont par exemple peu développés dans un récent document sur la gestion transfrontière des rivières (Raadgever *et al.* 2008) tandis que les moyens à mettre en œuvre pour assurer leur utilisation durable ne sont pas clairement définis dans la Convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation bien que les termes « conservation », « protection » et « utilisation durable » y figurent en plusieurs endroits. Mais les écosystèmes fluviaux sont limités et leurs ressources naturelles ne sont pas renouvelables. Leur utilisation durable devrait donc reconnaître cet état de choses avant même d'élaborer une stratégie en matière d'aménagement ou de gestion.

Troisièmement, la bonne gestion des bassins fluviaux nécessite le soutien de l'ensemble des parties intéressées, grâce à la participation du public et à un processus décisionnel transparent (Mock 2003). Le concept d'utilisation durable des écosystèmes (me) laisse penser que la

société dans son ensemble devrait participer aux discussions sur le point d'équilibre entre l'aménagement et la protection des ressources, la décision finale revenant aux gouvernements. Ceci permettrait de garantir le soutien des décisions ainsi qu'une volonté de les voir aboutir. Cette approche se dessine lentement dans certaines organisations.

Je présente ci-dessous, à l'aide d'une série de questions, certains aspects qui me semblent correspondre à une approche durable de la gestion transfrontière des rivières et que j'ai illustrés d'exemples sur la manière dont les organisations de bassin les ont abordés. Ceci pourrait être vu comme une évolution vers une approche écosystémique et représente un premier effort pour saisir des perspectives pertinentes dans l'abondante littérature couvrant les organisations de bassin, la durabilité et les rivières transfrontières. J'espère que cette liste et ce document d'information pourront être améliorés grâce au dialogue avec les délégués qui aura lieu pendant la conférence.

6.1 Les accords portent-ils sur la gestion conjointe d'une rivière transfrontière sur l'ensemble de son bassin ?

Il paraît logique que les pays partageant un bassin et un écosystème fluvial collaborent à leur exploitation et gestion. Les ressources naturelles non renouvelables, la vulnérabilité aux interventions et l'expression systématique des pratiques de gestion appliquées en amont en impacts ressentis en aval sont des arguments de poids en faveur d'une coopération portant sur l'ensemble des bassins. Les pays qui prévoient indépendamment l'aménagement des ressources en eau vont droit à l'affrontement avec les autres pays du bassin et avec la rivière elle-même car, à mesure que l'aménagement progresse, il deviendra de plus en plus évident que toutes les aspirations nationales ne sont pas possibles au sein d'un écosystème fini.

Citons ici quelques organisations de bassin qui impliquent tous les pays du bassin :

- en Afrique : la Commission du bassin hydrographique de l'Okavango (OKACOM), qui représente l'Angola, le Botswana et la Namibie
- en Afrique : la Commission du bassin hydrographique de l'Orange-Senqu (ORSECOM), qui représente le Botswana, le Lesotho, la Namibie et l'Afrique du Sud
- en Amérique du Sud : l'Organisation du Traité de coopération amazonienne (ACTO), qui représente la Bolivie, le Brésil, la Colombie, l'Équateur, le Guyana, le Pérou, le Surinam et le Venezuela.

Parmi les organisations où tous les pays du bassin ne sont pas représentés, on compte :

- en Asie du Sud-Est, la Commission du Mékong (MRC), qui représente le Cambodge, la RDP Lao, la Thaïlande et le Viêt Nam mais pas les pays situés en amont tels que la Chine et le Myanmar qui sont devenus, dans un premier temps peut-être, des partenaires de dialogue en 1996.
- en Afrique : l'Initiative pour le bassin du Nil (NBI), qui représente le Rwanda, le Kenya, l'Ouganda, la Tanzanie, la RDC, l'Éthiopie et le Burundi mais toujours pas les pays situés en aval, à savoir le Soudan et l'Égypte.

6.2 Les énoncés de mission adoptent-ils le concept de durabilité ?

Il est singulièrement difficile de trouver des énoncés de mission pour la majorité des organisations de bassin, bien que tous ceux que j'ai étudiés utilisent un libellé mentionnant des « buts » ou des « objectifs ». La majorité mentionne également la « durabilité », sous une forme ou une autre.

- L'accord signé en 1995 par les quatre pays du bassin inférieur du Mékong porte le nom d'« Accord de coopération visant le développement durable du bassin du Mékong ».
- L'OKACOM définit son rôle dans les termes suivants : « Élaborer et suivre une approche cohérente de la gestion du bassin, fondée sur une allocation équitable, une utilisation durable et une gestion rationnelle de l'environnement ainsi que sur le partage des avantages ».
- Je n'ai pas trouvé d'énoncé de mission pour l'Organisation du Traité de coopération amazonienne et le sens du terme « durabilité » n'est pas évident dans son préambule mais l'utilisation des expressions telles que « équilibre entre la croissance économique et la conservation de l'environnement », « préservation de l'environnement », « utilisation rationnelle des ressources naturelles », « maintien de l'équilibre écologique » et « préservation des espèces » mérite d'être notée.
- L'ORASECOM entend « servir de conseiller technique aux états membres sur les questions liées à l'aménagement, à l'utilisation et à la conservation des ressources en eau du réseau fluvial ».

Je ne doute pas que les organisations de bassin désirent développer les ressources de leurs rivières sans entraîner la perte inutile des attributs naturels du réseau fluvial. Mais comment devraient-elles procéder ? Le concept est-il défini quelque part, par les organisations ou quelqu'un d'autre, de manière à traduire les généralités en activités spécifiques et à aider les organisations à comprendre la voie à suivre ? Je prétends que cette étape essentielle n'a pas été bien formulée et que l'on ne voit pas bien ce qu'une organisation responsable d'un bassin devrait faire pour réaliser ses objectifs déclarés en matière de durabilité. Il s'ensuit, peut-être aussi parce que les désirs politiques ou les cadres dirigeants penchent en faveur des aménagements, que de nombreuses organisations pourraient en fin de compte interpréter la durabilité comme la garantie d'un approvisionnement fiable en eau à une fin ou une autre. La technologie et les compétences existent aujourd'hui pour aider ces organisations à appréhender la durabilité d'une manière plus constructive. Mais ces compétences et techniques relèvent d'une nouvelle discipline scientifique (que j'appelle ici l'évaluation intégrée de l'écoulement des bassins) qui a tout juste 20 ans et qui est donc mal connue ou comprise des bailleurs de fond et des décideurs.

6.3 Les écosystèmes aquatiques sont-ils reconnus comme « la base de la ressource » ou comme « des utilisateurs d'eau » ?

Les pays ont réalisé au cours de la dernière décennie que les écosystèmes aquatiques, qui sont le fondement de toute une série de services écosystémiques, ont besoin d'eau et ont accordé à ce besoin le statut qu'il mérite. En Afrique du Sud, la loi sur l'eau de 1998 lui reconnaît uniquement deux droits : 1) pour les besoins essentiels de l'être humain (boisson,

hygiène et cuisson) et 2) pour le maintien des écosystèmes, toutes les autres demandes d'eau étant régies par des permis. D'autres pays, comme l'Australie, envisagent les écosystèmes comme des utilisateurs qui rivalisent pour accéder à l'eau. La reconnaissance conjointe et formelle par les états partageant des rivières transfrontières que l'écosystème fluvial a besoin d'eau pour sa propre survie pourrait constituer un premier pas important vers son utilisation durable. La directive de l'Union européenne sur l'eau douce (2000) représente une voie possible dans ce domaine.

6.4 Faire l'addition : quel est le volume d'eau présent dans le réseau et où s'écoule-t-il ?

Voir Sections 5.2-5.4. Je trouve surprenant que l'on construise des barrages et délivre des permis d'utilisation de l'eau dans des bassins où la quantité d'eau disponible est mal connue. Les modèles hydrologiques des bassins nous donnent des informations sur les volumes d'eau et leur répartition dans le temps et dans l'espace. Ils permettent donc de créer des scénarios décrivant les impacts potentiels sur le débit des aménagements ou des utilisations envisagés.

- La MRC dispose de modèles hydrologiques pour le cours inférieur du Mékong. Leurs résultats ont permis l'exploration de la nature hydrologique du bassin et des régimes de crue et ont été utilisés pour élaborer, entre autres, des débits saisonniers tenant compte des facteurs environnementaux (MRC 2005).
- L'OKACOM dispose d'un modèle hydrologique couvrant l'ensemble du cours d'eau principal de l'Okavango et d'un important affluent en Angola, qui a été mis en place cette année par le biais du projet de protection environnementale et de développement durable de l'Okavango (EPSMO) financé par le FEM et géré par le PNUD et la FAO avec son cofondateur BIOkavango. Des hydrologues des trois pays du bassin ont collaboré avec un spécialiste de la planification/modélisation des ressources en eau en utilisant leurs données nationales pour étalonner le modèle.
- L'Afrique du Sud utilise des modèles internes de rendement des ressources en eau pour le cours inférieur du fleuve Orange. Elle s'oriente maintenant vers la modélisation de la ressource en eau disponible sur l'ensemble du bassin par le biais de l'ORASECOM et avec un financement de la GTZ.

Mais il s'agit là de connaissances personnelles et les documents publics détaillant l'état de la modélisation hydrologique et hydraulique par les organisations de bassin sont rares, bien que je sache qu'une modélisation hydrologique globale soit en cours dans le cadre de l'Initiative sur le bassin du Nil. Il me semble que la mise en place de tels modèles constitue une étape essentielle pour comprendre la nature des écosystèmes et les gérer, car ils permettent, d'une part, de décrire le régime d'écoulement naturel et actuel de l'ensemble du bassin et, d'autre part, de prédire son évolution en cas d'aménagement.

6.5 Quel sera l'effet du changement climatique sur le volume et le régime d'écoulement du bassin ?

La ressource en eau disponible devrait changer dans les années à venir dans la majorité des régions, bien que les détails soient mal connus. Ces changements auront sans conteste une

incidence sur les accords de partage de l'eau et des autres ressources fluviales. Cette question est abordée dans un autre document de la conférence.

6.6 Quelles sont les caractéristiques physiques et chimiques de l'écosystème ?

Voir Sections 5.5 et 5.6. Les modèles décrivant le régime hydraulique, le transport des sédiments et la qualité de l'eau des rivières, et prévoyant leur évolution sont beaucoup plus rares que les modèles hydrologiques et, dans le cas des deux derniers, sont souvent jugés difficiles à élaborer. Bien que des modèles sur la sédimentation et la qualité de l'eau à l'échelle du bassin puissent constituer de bons objectifs à moyen terme pour les organisations de bassin, il pourrait être utile à court terme de mener des programmes de cartographie détaillée, de modélisation hydraulique et de suivi. Les connaissances ainsi obtenues sont importantes car elles permettent de prévoir l'évolution physique et chimique du réseau fluvial en cas d'aménagement, importante pour construire des ponts, des routes et des zones urbaines mais aussi pour connaître les réactions biologiques de la rivière. Toutes les données devraient être liées au régime d'écoulement de sorte que les modifications de ce régime puissent être interprétées comme des modifications des attributs étudiés.

- La MRC dispose d'un superbe ensemble de coupes transversales du lit de la rivière principale réalisées à intervalles réguliers, entre la frontière chinoise et la mer, pour les besoins de la navigation. Ces données sont aujourd'hui utilisées pour élaborer des modèles hydrauliques permettant de prédire la façon dont les modifications de l'écoulement se traduiraient en termes de profondeur d'eau, de vitesse du courant et d'inondation des plaines alluviales en divers points du cours inférieur du Mékong. Elle dispose également de modèles hydrodynamiques établissant un lien entre le débit et les régimes de crues pour les vastes plaines alluviales du Cambodge et du delta du Viêt Nam, de sorte à pouvoir modéliser l'impact des modifications du débit du cours d'eau supérieur sur l'inondation de ces zones situées en aval.
- L'OKACOM a accès à des modèles hydrodynamiques sur le delta de l'Okavango mis en place par le département de l'eau du Botswana et le Centre de recherche Harry Oppenheimer Okavango (HOORC). Ces modèles permettent d'interpréter les aménagements possibles du bassin supérieur en termes de modification du débit du cours d'eau principal et d'inondation des zones humides du delta. Il n'existe à l'heure actuelle aucun modèle hydraulique du cours d'eau principal et il est donc difficile de prévoir l'impact des modifications du débit en amont sur l'inondation des vastes plaines alluviales de l'Angola et de la Namibie.

6.7 Quels sont les attributs biologiques de l'écosystème ?

Voir Sections 5.7-5.8. Les parties vivantes de l'écosystème fluvial ne peuvent pas être gérées sans connaître l'emplacement des espèces, leur abondance et leurs besoins en eau tout au long de leur cycle biologique. Des programmes de recherche approfondis menés par les universités et les organismes de conservation peuvent fournir des données précieuses tant qu'elles sont collectées sous une forme pouvant être utilisée dans une évaluation intégrée de l'écoulement des bassins (voir Section 6.2). La majorité des cinq organismes de recherche ne

sont pas encore en mesure de collecter des données de la sorte et les modes de pensée pourraient nécessiter un ajustement avec des conseils extérieurs. Alors qu'il faudra probablement attendre une décennie ou plus pour obtenir des résultats utiles, il n'est jamais trop tôt pour commencer.

- La MRC est dotée depuis longtemps d'un programme sur les pêcheries et a récemment entamé une analyse statistique des liens entre les pêcheries du Mékong et le régime d'écoulement de la rivière.
- L'OKACOM bénéficie des programmes de recherche de l'HOORC qui ont une bonne compréhension des liens entre les régimes de crue et la faune et la flore sauvages dans le delta de l'Okavango. L'HOORC procède actuellement à l'alignement de certaines activités pour mieux prévoir l'effet sur les écosystèmes de la modification de l'écoulement.

Le message que j'aimerais vous transmettre est que la collecte de données selon les méthodes du passé ne sera pas nécessairement utile pour les évaluations intégrées de l'écoulement des bassins et que les spécialistes des différentes disciplines n'ont pas nécessairement les connaissances requises pour prédire les effets de l'évolution de cet écoulement. La collecte et l'analyse des données doivent suivre de nouvelles approches et les organismes de recherche et les organisations de bassin pourraient bénéficier d'une assistance pour mettre en place des programmes de recherche pertinents en matière de gestion.

6.8 Quelles sont les parties intéressées dans le contexte du réseau fluvial, comment l'utilisent-elles et quel est leur rôle dans sa gouvernance ?

Voir Sections 5.9 — 5.11. Il est généralement admis que l'aménagement et la gestion des rivières sont plus efficaces lorsque les principaux groupes intéressés y participent bien que cela soit rare dans la réalité. Leur participation coûte cher et peut prendre du temps alors que les gouvernements sont soumis à d'immenses pressions pour procéder à l'aménagement des ressources. Certaines organisations de bassin ont pris des mesures pour identifier les principales parties intéressées et les faire participer au processus tandis que d'autres ont défini les principaux liens entre les utilisateurs vivriers et la rivière. On comprend depuis peu que la dégradation de l'environnement et les pertes sociales associées aux baisses de débit dues aux barrages sont des coûts légitimes des projets et qu'une compensation devrait être versée.

- L'OKACOM a renforcé un environnement propice à la participation active des communautés à la gestion des ressources du réseau fluvial de l'Okavango grâce au projet *Every River has its People Project* financé par l'ASDI. Le *Basin Wide Forum*, qui comprend des membres de la communauté de tous les pays riverains, se réunit régulièrement avec l'OKACOM pour aborder les grandes questions.
- Le projet de mise en valeur des ressources en eau du Lesotho a fourni des informations sur les produits utilisés par les populations rurales et sur ceux qui seraient perdus suite à la construction d'un barrage. C'est sur la base de ces informations que l'ORASECOM est convenu de verser une compensation aux communautés rurales (Section 5.10).

6.9 Quelle est la valeur actuelle et future de l'écosystème ?

Voir Section 5.12. La valeur actuelle de l'écosystème fluvial repose sur son eau, ses autres attributs écosystémiques et ses attributs aménagés tels que la production hydroélectrique et les cultures irriguées. Mais l'estimation de la valeur économique de l'écosystème est fréquemment limitée aux attributs aménagés et aux services écosystémiques les plus évidents tels que les pêcheries. La vraie valeur d'un écosystème réside dans un ensemble beaucoup plus vaste d'attributs, dont les services de régulation et autres énumérés à la Section 1. L'omission de ces valeurs existantes des rivières en bonne santé et du coût de leurs pertes potentielles ne les fait pas disparaître mais fausse les calculs de rentabilité économique du projet ou plan d'aménagement du bassin de sorte que les coûts réels pour la communauté ne sont pas pris en compte (Watson 2008). L'évaluation du coût de ces services est encore rudimentaire mais devrait être abordée avec toute la célérité requise.

6.10 Comment utiliser au mieux les informations susmentionnées pour soutenir l'utilisation durable des écosystèmes fluviaux ?

Ces 15 dernières années, les évaluations de l'écoulement ont joué un rôle de plus en plus important dans la gestion des rivières eu égard à la préoccupation mondiale sur la dégradation des cours d'eau. Initialement désigné « exigences en matière d'écoulement », puis « évaluations environnementales de l'écoulement », « exigences en matière d'écoulement écologique » etc., ce processus est maintenant suffisamment développé pour aborder les concepts illustrés au Tableau 1. Les activités menées pour examiner et coordonner toutes les considérations écosystémiques énumérées préalablement, en établissant un lien avec les données macroéconomiques et sociales et en dressant un tableau détaillé des avantages et des coûts des aménagements, représentent un domaine spécialisé. Il s'agit d'une nouvelle discipline scientifique qui a mis au point des techniques pouvant s'accommoder de situations où les données sont insuffisantes, collaborer avec de vastes groupes de spécialistes multidisciplinaires et travailler en coordination avec les études techniques et économiques liées aux aménagements et selon leur calendrier. Cette discipline est à la fois pratique et transparente et utilise les meilleures informations disponibles et notamment les données régionales, les connaissances internationales et le savoir local. Elle a pour objet de décrire, dans un langage clair et accessible, l'impact sur l'écosystème fluvial et les populations concernées des modifications de l'écoulement dues à l'aménagement des cours d'eau. Ces informations sont présentées dans trois catégories représentant les trois piliers du développement durable, tous traités avec la même importance : l'intégrité écologique, la justice sociale et la richesse économique.

Il va de soi que ce travail est réalisé différemment dans diverses régions du globe. Nous avons appelé ce processus *Évaluations intégrées de l'écoulement des bassins* (IBFA) (King and Brown, sous presse) mais d'autres désignations sont possibles. Les évaluations intégrées de l'écoulement des bassins sont comparables aux évaluations stratégiques de l'environnement mais sont plus limitées en ce qu'elles concernent uniquement les questions d'écoulement. Je décris ci-après comment cette approche pourrait aider les organisations de bassin à s'acheminer vers l'utilisation durable de leurs rivières.

7. Évaluations intégrées de l'écoulement des bassins : une nouvelle approche appuyant l'utilisation durable de l'eau

7.1 Le concept de compromis et d'espace d'aménagement

Les évaluations intégrées de l'écoulement des bassins produisent des scénarios décrivant les possibilités pour l'avenir : avis multidimensionnels sur les modifications potentielles de la configuration des lits de rivières par exemple ; érosion des rives ; chimie de l'eau ; forêts riveraines ; pêcheries estuariennes et côtières ; espèces rares ; espèces nuisibles ; relations entre la rivière et la santé des hommes et du bétail ; disponibilité de sites baptismaux ; revenus des ménages ; PIB ; création d'emplois ; production hydroélectrique, etc. (Figure 1). Le fait de dresser un bilan équilibré d'un aménagement, pouvant être examiné et négocié par les parties intéressées, répond en grande partie aux exigences de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE).

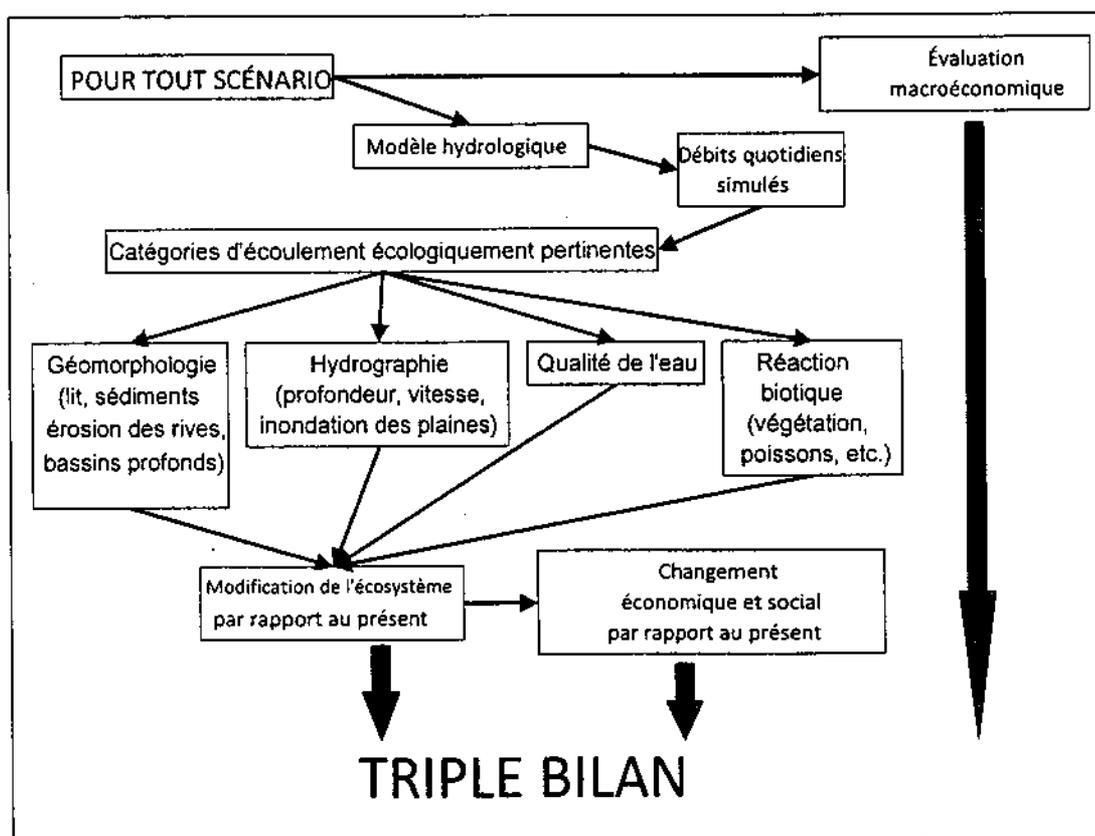


Figure 1 Le processus d'évaluation intégrée de l'écoulement des bassins, illustrant la circulation de l'information en trois catégories pour un scénario d'aménagement (ou de réhabilitation) quelconque. Les informations sont produites par une équipe multidisciplinaire et des logiciels spécialisés pour divers points situés tout au long du bassin fluvial.

Le concept d'espace d'aménagement pourrait être utile pour aider les parties intéressées à utiliser ces scénarios et les gouvernements à prendre des décisions concernant l'aménagement ou la réhabilitation (Figure 2). Ils reposent sur la certitude que la modification de l'écoulement des rivières entraîne celle des attributs naturels de l'écosystème fluvial. L'espace d'aménagement peut être défini comme la différence entre les conditions actuelles du bassin et le niveau d'aménagement maximal jugé acceptable par les parties intéressées après avoir examiné les scénarios possibles. Au-delà de ce point, les coûts sont jugés supérieurs aux avantages de l'aménagement (voir Tableau 1). Le processus d'évaluation intégrée de l'écoulement des bassins produit des scénarios (les flèches de la Figure 2) décrivant les extrêmes d'un aménagement ainsi que les points intermédiaires pour aider les parties intéressées à déterminer le point où la modification devient inacceptable. Les parties intéressées, en examinant chacun de ces scénarios, pourraient se demander ce qu'elles jugent inacceptable et ainsi fixer une limite pour l'aménagement. Par exemple :

- L'assèchement partiel et saisonnier du lit de la rivière
- La disparition de l'inondation des plaines alluviales
- Une eau trop polluée pour être consommée ou pour se laver
- Une perte de 30 % de la biodiversité
- Une perte de 60 % des pêcheries
- La disparition des lieux d'importance religieuse
- Ou encore ?

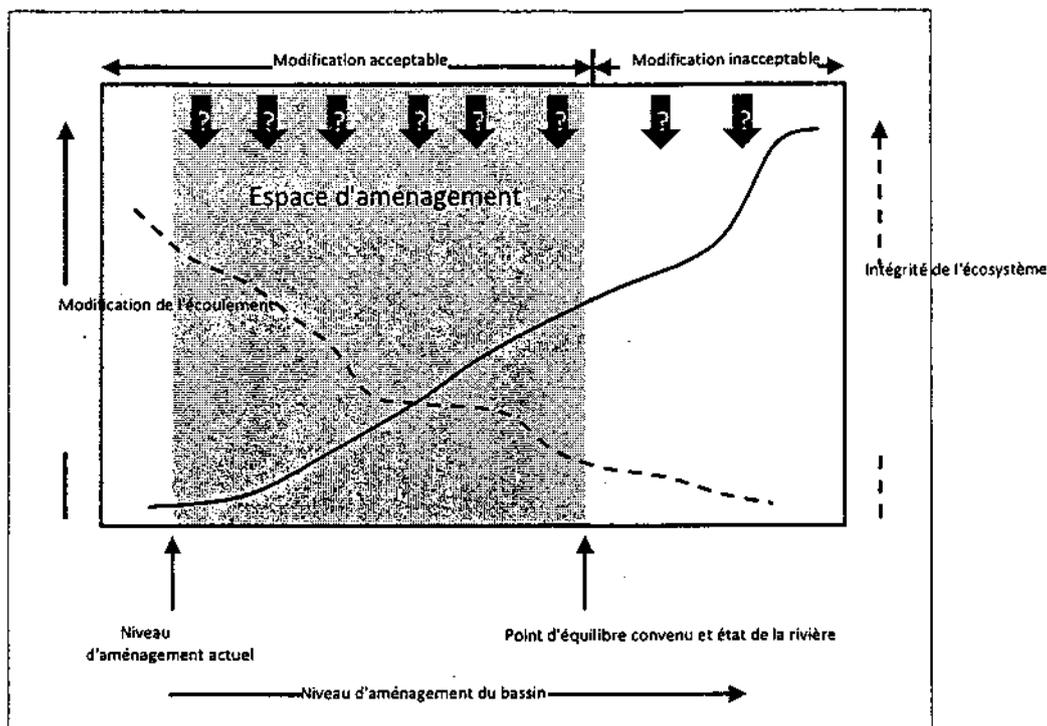


Figure 2 Le concept d'espace d'aménagement, défini comme les conditions actuelles et la limite négociée de dégradation de l'écosystème due à l'aménagement du bassin. Les flèches portant des points d'interrogation représentent les scénarios produits par le processus d'évaluation intégrée de l'écoulement des bassins. Pour plus de détails, voir le corps du texte.

Lorsque différentes parties intéressées, telles que les organismes de conservation et l'agriculture, définissent des limites acceptables différentes, la décision finale revient aux gouvernements. Si cette décision indique que le point de modification inacceptable se trouve à droite de la situation actuelle, cela signifie que les parties intéressées estiment qu'un espace d'aménagement existe dans le bassin. S'il se trouve à gauche, une modification inacceptable est déjà survenue et une réhabilitation prévoyant l'inversion d'une partie de la modification de l'écoulement (par exemple la modification des procédures d'exploitation des barrages ou l'installation de structures plus grandes pour permettre les inondations) pourrait être envisagée.

Lorsque l'espace d'aménagement a été défini pour une rivière transfrontière, son partage pourrait en théorie être négocié entre les pays concernés. Les pays, qui disposeraient ainsi de leur propre espace d'aménagement, pourraient alors procéder plus lentement en sachant que leur part les attend en cas de besoin. D'autres pays pourraient adopter une approche peu gourmande en eau, et choisir ainsi d'utiliser leur part pour conserver leur rivière dans un état supérieur au point de modification inacceptable. Je sais que le droit international sur l'eau n'envisage pas le partage des rivières de cette manière et donne priorité aux besoins actuels sans constituer de réserves pour les besoins futurs mais, en tant qu'écologiste, cette approche me semble inappropriée. En l'absence de limite à la dégradation des cours d'eau et de mesures

pour faire en sorte qu'elle soit respectée, nous devons accepter que nous ne vivons probablement pas de manière durable.

Ce concept évoluera, et je vous invite à l'examiner et à l'améliorer, mais il illustre deux importants principes. Premièrement, en ce qui concerne le développement véritablement durable, je pense que la règle de base devrait être d'entamer la planification du développement à l'opposé de ce que nous faisons actuellement, c'est-à-dire en commençant par se mettre d'accord sur le point au-delà duquel la dégradation des écosystèmes ne devrait pas être autorisée puis en réfléchissant à la manière dont nous pouvons vivre et partager nos ressources dans les limites fixées.

Deuxièmement, la santé des rivières devant nécessairement pâtir de la modification de l'écoulement, le concept d'écoulement minimum est foncièrement inapproprié. Il n'existe pas de nombre magique inférieur au régime d'écoulement naturel de la rivière, qui est la quantité d'eau nécessaire pour la conserver dans son état naturel. Les interventions à faible incidence sur l'écoulement entraîneront des réactions imperceptibles de la part des rivières tandis que les interventions plus importantes susciteront des modifications plus profondes. Plutôt que de choisir un écoulement minimal symbolique lors de la modélisation hydrologique des bassins, nous devrions créer des scénarios qui aident les gouvernements et les autres parties intéressées à identifier le meilleur point d'équilibre entre la protection et l'aménagement des ressources. Après avoir effectué un choix, le régime d'écoulement couvert par ce scénario d'équilibre optimal deviendrait alors l'écoulement environnemental pour le cours d'eau considéré, et représenterait le compromis convenu pour ce bassin et pour cette société. En d'autres termes, le régime d'écoulement nécessaire au maintien en bonne santé d'un cours d'eau est déterminé à la fin du processus de négociation et non pas avant.

7.2 De la théorie à la pratique

Gavin Quibell, responsable du projet financé par l'UE sur la gestion transfrontière du bassin Orange-Senqu (ORASECOM), propose une série d'étapes que les organisations de bassin pourraient suivre :

1. Création de l'organisation
2. Analyse de la situation
3. Étude et élaboration de modèles (hydrologiques, hydrauliques, écologiques, sociaux, économiques, etc.), création de scénarios, etc.
4. Négociation des options d'aménagement et de planification d'un bassin
5. Finalisation et mise en œuvre.

De nombreuses organisations de bassin semblent avoir atteint les étapes 2 et 3. M. Quibell estime que les gouvernements concernés par des rivières transfrontières, les organisations de bassin et les parties intéressées ne sont pas suffisamment prêts au niveau institutionnel pour les étapes 4 et 5. Il confirme ainsi mon impression, à savoir qu'il est maintenant techniquement possible de rassembler les nombreux aspects et incidences d'un aménagement, grâce à l'évaluation intégrée de l'écoulement des bassins ou une approche semblable, et de produire

des scénarios (c'est-à-dire jusqu'à l'étape 3) mais que le processus à suivre au-delà est moins clair. Ma vision des étapes suivantes est à n'en point douter très simpliste mais est proposée pour susciter la discussion :

1. Les scénarios sont présentés dans un langage non technique et accessible
2. Les gouvernements et autres parties intéressées examinent les scénarios
3. Les gouvernements négocient les modifications inacceptables des écosystèmes et l'espace d'aménagement disponible en tenant compte des intérêts de leur pays et des autres parties intéressées
4. Les gouvernements négocient sur la manière de partager l'espace d'aménagement
5. Un plan d'aménagement du bassin est élaboré conformément aux points (3) et (4)
6. Un suivi multidisciplinaire est amorcé et la gestion est adaptée au besoin
7. Un protocole est élaboré pour évaluer les propositions d'aménagement futur dans le cadre du plan d'aménagement du bassin
8. Le plan d'aménagement du bassin fait l'objet d'un examen périodique.

8. **Suggestions en matière de politique**

Il m'a été demandé de « fournir quelques résultats/conclusions possibles en matière de politique, en vue de leur examen par les ministres, concernant les questions devant ou pouvant nécessiter une action des décideurs et de la communauté internationale et de formuler des suggestions quant à leur mise à l'échelle par le PNUE ».

J'ai donc demandé des suggestions lors d'une récente conférence internationale sur une approche plus durable de la gestion du débit des rivières. La première suggestion ci-dessous m'a été proposée à cette occasion.

1. **Ratifier la Convention de l'ONU sur les utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation.** Trente pays ont ratifié cette convention et cinq autres sont nécessaires à son entrée en vigueur. Les débits nécessaires au maintien des écosystèmes ne sont pas spécifiquement mentionnés dans la Convention mais le traité demande aux pays de gérer de manière durable les cours d'eau qu'ils partagent, sans nuire à leurs voisins et dans un souci de développement équitable.

Il a également été suggéré pendant cette conférence que les pays ou organisations de bassin qui ont signé plusieurs conventions touchant à l'environnement reçoivent une offre d'aide pour élaborer une stratégie unique leur permettant de respecter leurs obligations.

2. **Sensibilisation au besoin de protéger les écosystèmes et aux aspects pratiques associés**

Les responsables de l'eau et les décideurs de plusieurs pays ont formulé des plans d'aménagement des ressources en eau sans vraiment comprendre (ni parfois même connaître) le concept de maintien des écosystèmes fluviaux, ou des inévitables

compromis entre l'état et l'aménagement des ressources (dans leur cas non planifié et non géré) auxquels ils doivent faire face. Ils sont contrariés et consternés par le fait que les experts qu'ils ont employés à grands frais n'étaient pas conscients de la perspective offerte par les évaluations intégrées de l'écoulement des bassins. Les décideurs de plusieurs pays qui reçoivent les estimations des coûts et avantages issues de ces évaluations ont dit qu'ils n'avaient encore jamais compris, ni même souvent entrevu, les incidences des décisions qu'ils prennent en matière d'aménagement. Cela me porte à croire qu'une campagne de sensibilisation devrait être menée pour promouvoir une approche plus durable de la gestion des cours d'eau.

Certains donateurs sont également à incriminer lorsqu'ils financent des évaluations des bassins ou d'autres études dont les composantes écologiques sont totalement inappropriées.

- Le bassin de l'Okavango est un exemple de bonne pratique. Le projet EPSMO/BiOkavango mentionné plus haut finance actuellement une équipe multidisciplinaire pour chacun des trois états membres, et une équipe internationale de gestion des processus, pour réaliser sur une période de 18 mois une analyse transfrontière approfondie comprenant une évaluation intégrée de l'écoulement du bassin. Plus de 35 spécialistes y participent, à raison de 2 à 5 mois chacun, et le renforcement des capacités y joue un rôle important.
- En revanche, il est inquiétant de voir qu'une analyse multisectorielle des investissements récemment réalisée pour un grand bassin transfrontière a employé un spécialiste des cours d'eau pendant trois semaines.

3. Créer une petite équipe à temps partiel de conseillers techniques pour aider les organisations de bassin intéressées à formuler des étapes pratiques vers un développement réellement durable

Les organisations de bassin sont complexes et les personnes qui en ont la charge quotidienne n'ont pas nécessairement d'expérience dans la gestion des écosystèmes ou l'application pratique du développement durable. Les spécialistes techniques ayant une expérience des évaluations intégrées de l'écoulement des bassins savent quelles mesures produiront les résultats escomptés et comment utiliser au mieux les relations avec les groupes de recherche et les parties intéressées et connaissent la séquence des étapes à mettre en œuvre pour parvenir à une approche plus durable de la gestion du débit des cours d'eau. Une petite équipe de conseillers financée et gérée par le PNUE pourrait aider les organisations de bassin à élaborer des stratégies appropriées pour assurer un développement réellement durable.

4. Élaborer une méthode structurée et acceptée pour estimer la valeur de tous les services écosystémiques

Voir Sections 5.12 et 6.9. Comme mentionné plus haut, si tous les services écosystémiques pouvaient être inclus dans la valeur actuelle et future d'un cours d'eau, les résultats pourraient être intéressants et complètement modifier l'image que nous avons des avantages des aménagements. La Figure 3 illustre un exemple hypothétique

de l'évolution possible des valeurs dans le cas de l'aménagement des ressources en eau d'une rivière transfrontière.

Les deux premiers graphes illustrent l'évolution dans le temps de la valeur des divers attributs naturels et anthropiques de l'écosystème fluvial, avec le déclin des zones humides et des pêches et le développement de l'hydroélectricité. Les deux graphes suivants montrent comment certains pays peuvent en tirer parti tandis que d'autres y perdent.

La valeur économique totale (en haut à droite) est probablement supérieure à la valeur actuelle (en haut à gauche) mais est beaucoup plus modeste que si l'ensemble des services écosystémiques était omis.

Il est possible que l'estimation du coût des services écosystémiques ne soit pas populaire dans les milieux politiques en raison des importantes pressions sociales en faveur des aménagements mais, que l'on n'en tienne compte ou non, ces services déclineront avec l'aménagement des cours d'eau, en fonction de l'importance du changement et de l'ampleur de l'aménagement. Et, alors que toutes les parties intéressées pourront ressentir ce déclin, les communautés rurales pauvres ayant des liens étroits avec la rivière sont celles qui le ressentiront le plus durement.

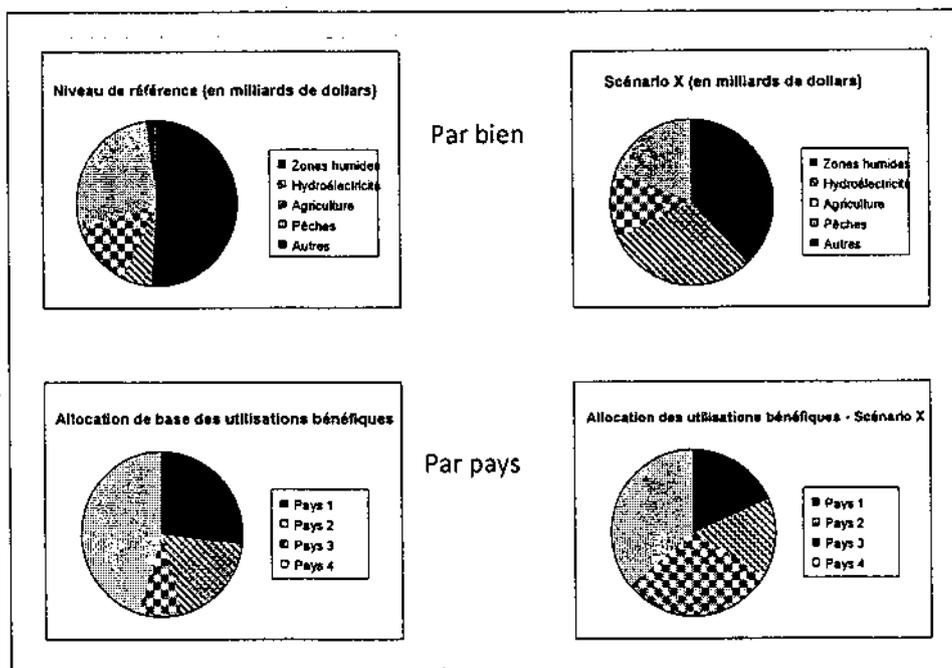


Figure 3 Évolution hypothétique de la valeur par bien et par pays en cas d'aménagement d'une rivière transfrontière.

9. **Conclusion**

Le présent document entend stimuler la réflexion et la discussion. J'ai parfois dépassé les faits pour émettre des conjectures et vous invite à me faire part de vos réactions pour le réviser si nécessaire après la conférence.

10. Références

- Adams, W. 2000. Downstream Impacts of Dams. Prepared for Thematic Review I.1 : Social Impacts of Large Dams Equity and Distributional issues. World Commission on Dams.
- Barnes, J.L. 1996. Economic characteristics of the demand for wildlife-viewing tourism in Botswana. *Development Southern Africa*. 13 (3) : 377-397.
- Davies, B.R., Beilfuss, R.D and Thoms, M.C. 2000. Cahora Bassa retrospective, 1974-1997 : effects of flow regulation on the Lower Zambezi River. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27 : 1-9.
- Food and Agriculture Organisations (FAO). 2003. Review of the state of world fishery resources : inland fisheries. FAO Fisheries Circular No. 942. (Rev 1). <http://www.fao.org/DOCREP/006/J0703E/J0703E00.HTM> (Accessed 12 January 2009).
- King, J.M. ; Cambray, J.A. and N.D. Impson. 1998. Linked effects of dam-released floods and water temperature on spawning of the Clanwilliam yellowfish *Barbus capensis*. *Hydrobiologia* 384 : 245-265.
- King, J.M. and Brown, C.A. in press. Integrated Basin Flow Assessments : concepts and method development in Africa and South-east Asia. *Freshwater Biology*.
- King, J. & McCartney, M. 2007. Dams, ecosystems and livelihoods. *International Journal of River Basin Management* 5 (3) : 167-168.
- Mékong River Commission 2005. *Overview of the Hydrology of the Mékong Basin*. Mékong River Commission, Vientiane, November 2005. 73pp
- Mock, G. 2003. Transboundary environmental governance : the ebb and flow of river basin organisations. *World Resources 2002-2004* : 158-159.
- Postel *et al.* (1996). Postel, S.L. ; Daily, G.C. and P.R. Ehrlich. 1996. Human appropriation of renewable fresh water. *Science*. 271 (5250) : 785-788.
- Postel, S. and Richter, B. 2003. *Rivers for life*. Island Press, Washington. 253 pp.
- Raadgever, G.T., Moster, E., Kranz, N., Interwies, E. and Timmerman, J. 2008. Assessing management regimes in transboundary river basins : do they support adaptive management ? *Ecology and Society* 13 (1) : 14. <http://www.ecologyandsociety.org/vol13>
- Revenga, C. and A. Cassar. (n.d.). *Freshwater trends and projections : focus on Africa*. WWF International. [18 November 2008] http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/africa_freshwater.pdf.
- Ricciardi, A., R. J. Neves, and J. B. Rasmussen. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation Biology*. 13: 1 – 3.
- Turpie, J., Smith, B., Emerton, L. and Barnes, J. 1999. *Economic value of the Zambezi Basin wetlands*. University of Cape Town Press.
- Turton, A., Ashton, P. and Cloete, E. (eds). 2003. *Transboundary rivers, sovereignty and development : hydropolitical drivers in the Okavango River basin*. African Water Issues Research Unit, South Africa, and Green Cross International, Switzerland. 368 pp.
- Watson, P.L. 2008. *Managing the river as well as the dam : assessing environmental flow requirements — lessons learned from the Lesotho Highlands Water Project*. World Bank, Directions in Development Series.
- Wittfogel, K. 1956. The hydraulic civilisations. In : *Man's role in changing the face of the earth*, Thomas, W (ed.) Wenner-Gren Foundation, Chicago. Pp. 152-164.
- World Commission on Dams. 2000. *Dams and development a new framework for decision-making. The Report of the World Commission on Dams*. London : Earthscan Publications, Thanet Press