

**Le partage de coût d'un bien public international pour la gestion des
ressources en eau transfrontalières**

Fady HAMADÉ

CREDEN-LASER, Université de Montpellier 1- Montpellier

IREEDD, Institut des Ressources Energétiques et du Développement Durable - Montpellier;

BRL Ingénierie – Nîmes.

Résumé:

Nous proposons une alternative aux marchés de droits pour le partage et la gestion des cours d'eau internationaux. Le partage de coût sériel d'un Bien Public International définit comme l'ensemble des infrastructures soutenant la production et la distribution des ressources à l'échelle de plusieurs Etats.

Notre proposition préserve la souveraineté des Etats quant à la gestion des ressources domestiques. Une réduction du prix national de l'eau par un Etat est, soit génératrice d'externalités positives, soit ne génère pas d'externalités. En outre, les allocations des Etats satisfont aux tests d'équité des bornes individuelles au bien-être.

Mots Clés: Bien Public International, Mécanisme de Partage de Coût Sériel, Souveraineté

Numéros de classification du *Journal of Economic Literature* : H41, H23

Serial cost sharing of an international public good for transboundary water sharing, by Fady HAMADÉ

Abstract:

We suggest an alternative to Coasian market for transboundary water management by regarding water resources as a common property to two territories. The sustainable exploitation of these resources, which defines an International Public Good, is delegated to an international agency.

The non-cooperative game, for serial cost sharing, between the international agency and the two political entities defines a mechanism. This mechanism implements, in strong Nash equilibrium, an allocation which complies with the equity test of the welfare bounds and the State's sovereignty.

Keywords : International Public Good, Serial Cost Sharing mechanism, Sovereignty
Journal of Economic Literature classification numbers: H41, H23

1 Introduction

Nous nous intéressons à la gestion et au partage des cours d'eau internationaux entre plusieurs Etats. Selon un rapport des Nations Unis (1978), les lacs et fleuves internationaux représentent 47 % de la surface des continents. Sur les continents africain, asiatique et sud-américain, ce pourcentage s'élève à 60%. Environ 200 bassins de cours d'eau dans le monde s'étalent sur plusieurs pays. 148 d'entre eux sont partagés par deux Etats, 30 par trois Etats, 9 par quatre Etats et 5 par plus de cinq Etats (Barrett 1996). Par conséquent, dans de nombreux cas de figure, l'accès à l'eau implique une coopération entre les Etats pour la gestion et le partage des cours d'eau. Certains de ces cours d'eau font l'objet d'un accord pour leur exploitation, mais de nombreux Etats se les disputent.

Au proche orient, la rareté des ressources en eau est un des problèmes majeurs auxquels les pays doivent faire face (Hamadé 2002). La pression croissante sur la demande, tant domestique, industrielle, et surtout agricole, l'épuisement des ressources existantes ainsi que la dégradation de la qualité en raison de la surexploitation des gisements du littoral, ont exacerbé le potentiel conflictuel régional entre les différentes parties revendiquant des droits de propriété sur les ressources en eau conventionnelles. La reconnaissance générale de ce fait est révélée par l'apparition des termes tels que « *géopolitique de l'eau* », « *hydropolitique* » et par la qualification de la ressource de *stratégique*.

La littérature économique suggère le recours aux marchés de droits de propriété pour une allocation efficace de la ressource (Berk et Lipow 1994, Howitt 1994, Zeitouni, Becker et Schechter 1994). Cette solution évacue le problème redistributif et laisse entière la question de l'allocation initiale des droits de propriété. En outre, les retours d'expérience portant sur les marchés nationaux de droits de propriété (Easter et Hearne 1997, OCDE 1999, Howitt 1994) montrent que, dans tous les cas de figure, ces marchés doivent leur existence à la présence d'une autorité coercitive, l'Etat, qui a systématiquement tranché sur la question de l'allocation initiale des droits au *grandfathering* (la règle du grand-père consiste à attribuer les droits de propriété selon le principe du premier-arrivé-premier-servi. Le recours au *grandfathering* apparaît donc comme politiquement plus acceptable)

La littérature en science politique analyse les situations conflictuelles autour des cours d'eau internationaux. Les modèles peuvent être classés par catégorie, par rapport à la phase du

phénomène qu'ils décrivent. Les *process models* (Vlachos 1994) tels que l'*Alternative dispute Résolution* ou le *Process of International Negotiation*, analysent le déroulement du conflit. Les *outcome models* tel que le *Multi-Attribute Trade Off System* traitent des issues des conflits (Anderson 1994). D'autres modèles mesurent le potentiel conflictuel d'un cours d'eau international (Frey 1994). Ces recherches mettent en exergue un certain nombre de facteurs politiques qui entravent la coopération. Celle-ci se heurte le plus souvent, non pas à des obstacles techniques, mais à des facteurs politiques. Parmi ces facteurs, la souveraineté, exprimé de la façon suivante par Vlachos (1994, p.8) "...sovereignty and the perception of loss of control over domestic resources...", est le facteur qui apparaît avec le plus d'acuité.

Un bien public international

De façon évidente, l'exploitation et la gestion des cours d'eau internationaux ont des caractéristiques de bien public. Nous proposons une alternative aux marchés de droits pour le partage des cours d'eau internationaux. La ressource est une propriété commune aux Etats riverains du cours d'eau international qui acceptent le partage de coût de l'ensemble des infrastructures soutenant la production et la distribution des ressources à l'échelle du bassin versant, que nous définissons comme un Bien Public International -BPI. Une agence internationale de l'eau -AIE- est chargée de la production du BPI. L'AIE ne possède aucun pouvoir coercitif sur les Etats, de telle sorte que la participation à la production du BPI ne peut se faire que sur le principe de la participation volontaire, *i.e.* de la rationalité individuelle des Etats.

L'output du BPI est l'eau, et le BPI en question est excluable dans la mesure où, un Etat peut consommé une quantité y_i du BPI et être exclus de la consommation de la quantité $y_j > y_i$.

La littérature : free ridding et révélation des préférence

Nous nous situons dans le cadre de la production d'un bien public et la problématique théorique est celle de la révélation des préférences. Les mécanismes révélateurs combinent une règle de décision collective et une règle de transfert.

Nous nous intéressons aux mécanismes incitatifs en stratégies dominantes pour la production d'un bien public. Deux catégories de mécanismes, le mécanisme du Pivot et le mécanisme sériel (Moulin 1994) sont incitatifs en stratégies dominantes. Néanmoins, ils

diffèrent par les propriétés auxquelles ils satisfont, et certaines de ces propriétés ne sont pas compatibles entre elles. Les propriétés qui nous intéressent sont :

- les propriétés d'incitation -IC- (« *strategyproof* », implicitement en stratégies dominantes) et d'incitation de groupe -ICG-(« *coalition strategyproof* »),
- de rationalité individuelle -RI- et rationalité individuelle en autarcie -RIA-
- d'efficacité *ex-post* -EF-
- et d'optimalité de Pareto - OP.

L'IC a pour objectif de parer à la manipulation stratégique du mécanisme par les agents-Etats, ou par les coalitions d'agents-Etats - ICG ; la RI, en économie d'échange, est suffisante pour que la participation au mécanisme soit volontaire ; la RIA, en économie avec production, sera préférée à la RI. L'efficacité -EF- *ex-post* du mécanisme signifie que celui-ci concrétise le niveau optimal de la production du bien public ; et l'OP constitue la propriété normative de l'efficacité de l'allocation des ressources de l'économie, en l'occurrence, il s'agit de l'efficacité *ex-post* de la production et de l'équilibre budgétaire -EB.

Concept de solution et robustesse

Le concept de solution du jeu retenu détermine la robustesse du mécanisme. Parmi ces concepts de solution, celui qui fait l'unanimité dans la littérature, quant à la robustesse du mécanisme, est la concrétisation en stratégies dominantes.

En effet, l'agent rationnel qui possède une stratégie dominante, même faiblement dominante, n'a aucune raison de ne pas s'y conformer. Celui-ci n'a en outre pas besoin d'anticiper les stratégies des autres pour élaborer la sienne. L'implémentation en environnement Bayésien suppose la densité de probabilité de réalisation des types des agents soit connaissance commune, et chaque agent peut ainsi en déduire la distribution des probabilités conditionnelles de la réalisation des types. L'implémentation en stratégies dominantes demeure robuste dans le cas où, les croyances subjectives des individus s'avéraient fausses, voire contradictoires. Il en résulte que cette forme d'implémentation est indépendante de la distribution de probabilité des réalisations des types. Par conséquent, dans le cadre de la concrétisation en stratégies dominantes, à la différence des mécanismes en

environnement Bayésien, le concepteur du mécanisme n'a pas besoin de support informationnel sur la distribution des caractéristiques des individus.

Les résultats de Guibbart [1973] et Satterthwaite [1975] dressent un sérieux obstacle quant à la recherche de fonction de choix sociale concrétisable en stratégies dominantes. Ce résultat peut être énoncé de la façon suivante : lorsque l'environnement économique est non restreint, il n'existe pas de fonction de choix sociale concrétisable en stratégies dominantes.

Deux voies de recherche sont alors explorées pour tenter de dépasser ce théorème d'impossibilité. La première consiste à affaiblir le concept de solution pour la concrétisation, et les concepts retenus sont ceux de l'équilibre de Nash et l'équilibre Bayésien. La seconde voie de recherche propose de préserver la concrétisation en stratégies dominantes mais au prix d'un affaiblissement de l'environnement économique. Il apparaît alors que les seuls mécanismes incitatifs le sont en environnement quasi-linéaire. Green et Laffont [1977, 1979] caractérisent la gamme des mécanismes incitatifs en stratégies dominantes et montrent que tous les mécanismes incitatifs sont des mécanismes de Groves, et seuls les mécanismes de Groves sont des mécanismes incitatifs.

Partage de coût et incitation

La décomposition de la règle d'allocation de coût du mécanisme du Pivot fournit une interprétation économique de la surtaxe que fait peser celui-ci sur les agents pivots dont les préférences font basculer la décision collective du choix du projet. Cette surtaxe, imposée aux agents pivots, est égale au coût de *l'externalité des préférences* de ces derniers sur le reste de la société. Le montant de cette dernière peut être beaucoup trop élevé eu égard à la rationalité individuelle des agents. Le cas extrême le plus significatif est celui où, le bien public n'est pas produit, le coût à partager est nul, mais l'agent pivot ayant fait basculer la décision collective reste imposé. Cette imposition coercitive, en plus du fait qu'elle déséquilibre le budget, va à l'encontre de la rationalité individuelle de l'agent¹.

En résumé, le mécanisme du Pivot ne satisfait pas la RI, ni l'EB et donc n'est pas OP. La dernière propriété à laquelle ne répond le mécanisme du Pivot est celle de la robustesse à la manipulation de coalitions de groupe, l'ICG. En revanche, il permet de concrétiser le niveau EF de bien public.

De façon plus générale, la littérature sur la concrétisation met en exergue une incompatibilité entre les propriétés de *strategyproof* et l'*optimalité parétienne*. Ce qui pourrait, dans certains cas de figure, justifier l'abandon de l'OP lorsque la priorité porte sur la résistance aux manipulations.

Moulin et Shenker [1992] et Moulin [1994], s'appuient sur le théorème de Dasgupta, Hammond et Maskin [1979], ainsi que celui de Maskin [1985], pour montrer que sur un environnement économique plus large que celui des quasi-linéaires, précisément un domaine de préférence *riche*, la règle sérielle de partage de coût, associé à une règle de décision collective différente de celle du Pivot, concrétise, en stratégies dominantes, la fonction de choix sociale sérielle, mais au prix d'une exclusion partielle de l'usage du bien public. Outre les propriétés d'équité auxquelles satisfait de la règle sérielle de partage de coût, le mécanisme est IC, RI, RIA et respecte l'équilibre budgétaire. En revanche, par rapport à son concurrent le pivot, il dispose de l'inconvénient de ne pas être efficace *ex-post*. Le niveau sériel de production du bien public reste inférieur au niveau efficace.

Dans la mesure où les deux mécanismes ne sont pas parétiens, parmi la gamme des mécanismes IC (en se tenant uniquement aux mécanismes IC sans être ICG), un choix, au sens de l'abandon, doit être fait entre les propriétés EF et RI, qui sont incompatibles. Le dilemme se présente donc de la façon suivante :

Efficacité ex-post versus Equilibre Budgétaire et Participation Volontaire.

Nous montrons dans cet article que le mécanisme de partage de coût sériel du BPI garanti à chaque Etat la *souveraineté* de la régulation de leurs ressources domestiques.

Le mécanisme sériel

Le mécanisme se déroule de la façon suivante : à la première étape du jeu, chaque Etat annonce sa stratégie i.e. sa demande y_i de BPI à l'AIE. Les demandes sont classées dans l'ordre croissant $y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_n$. L'Etat 1, ayant annoncé la plus faible demande y_1 paye un prix égal au coût moyen de sa demande, $c(y_1)/n$ que l'on note (*a*). L'Etat 2, ayant annoncé la deuxième plus faible demande y_2 , se voit allouer une part égale au coût moyen de y_1 (*a*) à

¹ Notons que c'est la raison pour laquelle les mécanismes de Groves ne sont utilisés que sous la forme de mécanismes d'enchère mais pas dans le cadre d'une problématique de partage de coût d'un bien collectif.

laquelle s'ajoute le coût moyen incrémental de $(y_2 - y_1)$. Le coût total qui incombe à l'Etat 2 est $\left(\frac{c(y_2)}{n-1} - \frac{c(y_1)}{n}\right)$, que l'on note (b) . L'Etat 3 se voit alloué (b) , plus le coût moyen incrémental de $(y_3 - y_2)$. Et ainsi de suite. La formule d'allocation de coût sériel est la suivante:

$$x_i(y) = \frac{c(y_i)}{n-i+1} - \sum_{j=i-1}^1 \frac{c(y_j)}{(n-j+1)(n-j)} \quad (1).$$

Notons qu'il s'agit de la règle de partage de coût selon la valeur de Shapley.

Le mécanisme de partage de coût sériel est une application qui associe à chaque fonction de coût $C(\max_{i \in \{1, \dots, n\}} y_i)$ et à chaque vecteur de demande $Y = \{y_1, \dots, y_n\} \in \mathbb{R}_+^n$, un vecteur de coûts alloués $X = \{x_1, \dots, x_n\} \in \mathbb{R}_+^n$ selon la formule (1). Deux remarques méritent d'être faites. La première est que la quantité de bien public qui sera produite est à la hauteur de la plus importante demande, $(\max_{i \in \{1, \dots, n\}} y_i)$, et que les n agents vont pouvoir consommer simultanément le même bien, mais en quantités différentes. La seconde est que par construction, la règle de partage de coût est non décroissante et satisfait systématiquement à l'équilibre budgétaire.

2 Le modèle

Nous considérons deux Etats E1 et E2 avec des gouvernements respectifs G1 et G2, qui coopèrent pour la production d'un BPI tel que défini ci-dessus. Les deux Etats souhaitent le BP commun. Il est possible d'élargir la question au partage de coût d'infrastructure telles que, un réseau de télécommunication ou de transport d'électricité, une centrale nucléaire ou hydroélectrique.

Les deux Etats se partagent le coût du BPI selon la formule (1). Notons que la nature du BPI n'est pas 0 – 1. Autrement dit, la question n'est pas de savoir s'il faut ou non produire le BPI, mais celle de la quantité de BPI qu'il faut produire.

Les consommateurs

Les consommateurs d'un Etat tirent une utilité brute de la consommation du BPI égale à :

$$u(y) = y(1 - 0.5)y, \quad (2)$$

$y > 0$ étant la quantité de BPI consommée.

Le surplus net des consommateurs s'écrit alors,

$$v(p) = u(y) - p(y)y, \quad (3)$$

avec $p > 0$ la tarification de la ressource pratiquée par l'Etat, et $p(y)$ la fonction de demande inverse de BPI.

La fonction de demande de BPI associée s'écrit,

$$p(y) = 1 - y. \quad (4)$$

L'Etat

Le gouvernement Gi d'un Etat régule ses propres ressources domestiques. Il pratique sa propre tarification, collecte les recettes $p(y)y$ de ses administrés et transfère à l'AIE le montant $x(y)$ correspondant au coût qui lui est alloué. Les fonds transférés à l'AIE proviennent des recettes de la tarification de la quantité de BPI consommée. Notons que dans notre modèle, il n'y a pas d'asymétrie d'information entre Gi et ses administrés. Le programme de G s'écrit alors,

$$\begin{aligned} \max_y \quad & SW = u(y) - p(y)y \\ \text{s.c} \quad & p(y)y \geq x(y) \end{aligned} \quad (5)$$

Il revient à G de déterminer la valeur de l'output y qui maximise la fonction de bien-être social sous la contrainte budgétaire que le produit des recettes provenant de la tarification aux consommateurs soit suffisant pour couvrir le coût qui lui est alloué par l'AIE.

La solution de ce programme est,

$$\frac{p - x'(y)}{p} = \frac{\lambda}{(1 + \lambda)} \frac{1}{\eta(p)}, \quad (6)$$

avec $\eta(p) = -\frac{dy(p)}{dp} \frac{p}{y}$ l'élasticité de la demande de BPI. λ , $\lambda \in [0, +\infty[$, représente le prix

de desserrement de la contrainte budgétaire ou le coût d'opportunité des fonds publics mais également le poids accordé au surplus des consommateurs.

Lorsque $\lambda \rightarrow \infty$, Gi pratique une tarification de monopole, accordant un poids infini aux considérations monétaires au détriment du surplus des consommateurs. Lorsque $\lambda \rightarrow 0$, le

coût d'opportunité des fonds publics est nul, et une priorité est accordée au surplus des consommateurs, et dans ce cas, la tarification optimale correspondrait à un prix égal au coût marginal $x'(y)$ du coût alloué par l'AIE. Pour des raisons évidentes d'exercice de souveraineté, chaque G représentant d'un Etat, reste libre dans sa tarification des ressources, et λ peut être interprété comme le paramètre d'exercice de la souveraineté de la régulation de E, susceptible de changer à la suite d'une échéance électorale.

Le programme (5) se ré-écrit,

$$SW = u(y) - p(y)y - (1 + \lambda)[x(y) - p(y)y]. \quad (7)$$

En s'appuyant sur les résultats de base de la littérature sur l'implémentation des biens publics, nous supposons que chaque E est incité à ne pas révéler la véritable information sur son type λ représentant le poids accordé aux surplus des consommateurs. Dans notre modèle, λ est une variable stratégique de l'Etat.

L'Agence Internationale de l'Eau – l'AIE

Une Agence Internationale de l'Eau -AIE- non informée, a la charge de l'implémentation du BPI. Il peut s'agir dans notre cas d'une institution internationale telle qu'une agence de la banque mondiale ou de l'ONU. Cette AIE, à l'instar de l'agence internationale de Laffont et Martimort (2003) agit comme une tierce partie qui propose aux Etats un mécanisme de décision collective et détermine le prix à payer par chaque Etat et s'engage à produire le BPI. En tout état de cause, l'AIE n'intervient pas dans les décisions de régulation nationale de l'eau.

Le mécanisme de partage de coût met en jeu l'AIE dans le rôle du principal chargé de l'implémentation du BPI et E1 et E2 dans le rôle des agents qui disposent d'une information privée λ .

La technologie

L'output final du BPI est l'eau. Dans la mesure où notre modèle n'a pas pour objet de capter la rente de la rareté de l'eau, nous transformons la contrainte de stock sur la ressource en une fonction de production convexe². En effet, il n'existe pas de contrainte technique à la

² Zeitouni et al. (1994 p312) utilise une fonction de coût convexe pour décrire la technologie de production d'uea dans une situation d'extrême rareté de la ressource au Proche-Orient.

production d'eau douce, mais une contrainte budgétaire. Les Etats ou les régions situés sur un littoral peuvent produire de l'eau potable par dessalement de l'eau de mer, de même qu'un Etat continental peut acheter de l'eau à un autre Etat situé sur un autre bassin versant. A l'extrême, il est possible de recycler de l'eau usée jusqu'à en faire de l'eau potable³. La contrainte de rareté se transforme alors en une fonction de coût convexe⁴.

Hypothèse : La fonction de coût du BPI s'écrit :

$$C\left(\max_{i \in \{1,2\}} y_i\right) = y_i^2$$

3 Le jeu

Le mécanisme sériel se déroule de la façon suivante. Le jeu se déroule en deux étapes correspondant à l'élimination de stratégies dominées. **Nous excluons la possibilité de transfert entre 1 et 2.** Dans une première étape du jeu, les Etats annoncent à l'AIE la quantité de BPI qu'ils souhaitent voir implémenter.

Première étape

Chaque Etat i détermine sa stratégie, en l'occurrence la quantité de BPI demandée, en maximisant la fonction de bien-être social (7) sous la contrainte d'un partage égalitaire $\frac{1}{n}c(y)$ du coût de production du BPI. Le coût moyen constitue le coût maximum qu'un Etat peut se voir imputer. Le programme de chaque Etat s'écrit :

$$\begin{aligned} \max_{y_i > 0} & \left\{ SW = y_i(1-0.5)y_i - (1-y_i)y_i - (1+\lambda_i) \left[\frac{y_i}{2} - (1-y_i)y_i \right] \right\} \\ \text{s.c.} & \quad x_i(y_i) = \frac{y_i^2}{2} \end{aligned} \quad (8)$$

Les solutions de ce programme sont :

³ Nous pouvons citer à titre d'exemple de la production directe d'eau potable à partir d'eaux usées le projet Windhoek du nom de la capitale de la Namibie [Haarhoff J. Van der Merwe B.V., 1996].

⁴ Zeitouni et al. 1994 ont recours à une fonction de coût convexe dans le cadre d'un modèle d'allocation efficace de ressource en Israël, et Fishelson (1994) procède également à une construction d'une fonction d'offre d'eau en Israël à partir des coûts marginaux de production croissant.

$$y_i = \frac{1 - \lambda_i}{2 + 3\lambda_i} \quad \text{et} \quad x_i(y_i(\lambda_i)) = \frac{1}{2} \left(\frac{1 - \lambda_i}{2 + 3\lambda_i} \right)^2 \quad (9).$$

1^{er} cas

$\lambda_1 = \lambda_2 \Rightarrow y_1 = y_2 = y^*$ est un optimum de Pareto. Les deux Etats ont les mêmes préférences pour le BPI, le jeu s'arrête à cette étape.

Si les deux Etats sont identiques, *i.e.* ils ont les mêmes préférences pour le BPI, le jeu s'arrête à cette étape. L'équilibre du jeu obtenu est un équilibre de Nash fort⁵, pareto-optimale. En effet, une annonce $\tilde{\lambda}_i < \lambda_i$ aurait pour conséquence une réduction de l'utilité de l'Etat puisque

le BPI est excluable. Le coût alloué à chaque Etat est $x^* = \frac{(y^*)^2}{2}$.

2^{ème} cas

$\lambda_1 > \lambda_2 \Rightarrow y_1 < y_2$ la solution (9) de la première étape constitue l'équilibre de Nash de 1 que l'on notera (y_1^*, x_1^*) . L'Etat 2 recalcule sa stratégie en tenant compte du coût incrémental de la production de $(y_2 - y_1^*)$ de BPI.

Deuxième étape du jeu

A la seconde étape du jeu, 2 se voit affecté un coût composé d'une part fixe égale au partage égalitaire du coût de la production du niveau y_1^* de BPI, *i.e.* $\frac{c(y_1^*)}{2}$, à laquelle s'ajoute la deuxième part correspondant au coût incrémental de la production de la quantité $(y_2 - y_1^*)$. 2 doit donc prendre en charge la totalité de la production supplémentaire, au-delà du niveau y_1^* .

⁵ Rappelons que l'équilibre de Nash fort, au sens d'Aumann (1959) d'un jeu est un profil de stratégies $\{y_1, \dots, y_n\}$ telle qu'aucune coalition déviante T ne peut améliorer le bien-être d'un de ses membres (au sens large pour tous ses membres, au sens strict pour au moins un de ses membres) sans réduire celui d'un autre membre de T, en supposant que les stratégies des $N \setminus T$ restent inchangées. C'est un équilibre de Nash qui résiste aux manipulations des coalitions.

Le programme de l'Etat 2 à la deuxième étape du jeu est :

$$\max_{y_2 > y_1^*} \left\{ SW = y_2(1-0.5)y_2 - (1-y_2)y_2 - (1+\lambda_2) \left[y_2^2 - \left(\frac{1}{2} \left(\frac{1-\lambda_1}{2+3\lambda_1} \right)^2 \right) - (1-y_2)y_2 \right] \right\} \quad (10)$$

Les solutions de ce programme sont :

$$y_2^* = \left(\frac{1-\lambda_2}{3+4\lambda_2} \right) \quad x_2^* = \left(\frac{1-\lambda_2}{3+4\lambda_2} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{1-\lambda_1}{2+3\lambda_1} \right)^2. \quad (11)$$

La stratégie y_2^* constitue la meilleure réponse de 2 à la règle de partage de coût. Au terme de cette deuxième étape du jeu, y_1^* et y_2^* sont respectivement les meilleures réponses de 1 et de 2 à la règle de partage de coût sériel. Le couple (y_1^*, y_2^*) est un équilibre de Nash fort.

Preuve :

Dans ce jeu à trois joueurs, il n'y a que trois coalitions non vides. Les deux singletons et la coalition des deux joueurs. Considérons les trois coalitions non vides possibles.

1 – Les stratégies de $y_1^*(\lambda_1)$ de 1 et $y_2^*(\lambda_2)$ de 2 correspondent à des équilibres de Nash obtenu par élimination des stratégies dominées, aucune amélioration de l'utilité d'un Etat n'est possible par une déviation unilatérale, en supposant la stratégie de l'autre joueur inchangée.

2 – Considérons la coalition formée des deux joueurs 2 et 1, et supposons que les deux agents s'entendent dans l'objectif de manipuler le mécanisme en annonçant chacun, une stratégie qui ne corresponde pas à la vérité. Eliminons dans un premier temps tout couple de stratégie $(y_1(\hat{\lambda}_1), y_2(\hat{\lambda}_1))$ tel que $y_1(\hat{\lambda}_1) > y_1^*(\lambda_1)$ et $y_2(\hat{\lambda}_2) > y_2^*(\lambda_2)$ ou $y_1(\hat{\lambda}_1) < y_1^*(\lambda_1)$ et $y_2(\hat{\lambda}_2) < y_2^*(\lambda_2)$ qui conduirait systématiquement à une réduction du niveau du bien-être globale.

a - Supposons que 2 annonce une stratégie $y_2(\hat{\lambda}_2) \neq y_2^*(\lambda_2)$, celle-ci n'a aucune incidence sur le bien-être de 1 puisque $\partial sw_1^* / \partial y_2 = 0$ et n'améliorerait pas le bien-être de 2.

b - Supposons à présent que 1 annonce une stratégie $y_1(\hat{\lambda}_1) \neq y_1^*(\lambda_1)$. Deux cas de figure se présentent:

i - $y_1(\hat{\lambda}_1) < y_1^*(\lambda_1)$ conduit à une réduction de son niveau de bien-être ainsi que celle de 2 puisque $\partial SW_2^*/\partial y_1 = (1 + \lambda_2)y_1 > 0$. En effet, à la seconde étape de jeu, le coût sériel se trouve modifiée de la façon suivante : une réduction de la composante fixe $c(y_1^*)/2$ qui impose à 2 un coût incrémental plus élevé et supérieure à la réduction de la part fixe.

ii - une annonce $y_1(\hat{\lambda}_1) > y_1^*(\lambda_1)$ conduirait à un accroissement du bien-être social de 2 de $\Delta SW_2 = (1 + \lambda_2)y_1$ qui reste inférieur à la réduction du bien-être social de 1 égale à $\Delta SW_1 = -(2 + 3\lambda_1)y_1 + \lambda_1 + 1$.

Les deux joueurs ne disposent par conséquent pas d'un couple de message (y_1, y_2) qui soit pareto-supérieur à l'équilibre sériel (y_1^*, y_2^*) . Ce dernier est un équilibre de Nash fort défini par induction.

CQFD.

La régulation des ressources domestiques

La caractéristique θ_i est une mesure de l'intensité des préférences d'un Etat pour la consommation du BPI. Comme l'output final du BPI est l'eau, on supposera que θ_i est corrélé positivement à la fonction de demande en eau $Q_i(p_i)$ d'un Etat. Autrement dit, en faisant abstraction des indices, $\theta = \theta(Q(p))$, avec $\frac{d\theta}{dQ} > 0$ et $\frac{dQ(p)}{dp} < 0$. p_i représente le prix et correspond à la tarification nationale de l'eau par le Gouvernement d'un Etat, et on peut écrire :

$$\frac{d\theta}{dp} = \frac{d\theta}{dQ} Q(p) \frac{\partial Q}{\partial p} Q(p) < 0$$

Le prix de l'eau représente *l'instrument de la politique nationale* de régulation des ressources en eau domestiques d'un Etat. Chaque Etat reste souverain de sa politique de régulation. Tout accroissement de la demande en eau, consécutif ou non, à une réduction du prix de l'eau, contribue à un accroissement des préférences d'un Etat pour la consommation d'une plus grande quantité de BPI.

Ancrer les préférences pour le BPI sur la fonction de demande en eau, permet de corréler la demande de BPI à deux catégories de facteurs. D'une part, les facteurs **structurels** inhérents à une nation, à savoir sa population, son niveau de développement, son organisation économique et sur lesquels l'Etat n'a pas de contrôle direct (au moins à court terme). Ces facteurs modèlent l'allure générale de la fonction de demande agrégée en eau. D'autre part, les facteurs **politiques** représentés par le couple p_i et qui sont dans notre contexte, l'outil par lequel un Etat exprime sa souveraineté.

Chaque Etat est responsable de ses préférences, et les différences dans les préférences sont considérées comme neutre d'un point de vue éthique. Ces préférences reflètent les goûts et les besoins des Etats. Un Etat ne peut donc être critiqué pour ses choix de politique interne. En revanche, en contrepartie de la liberté totale de la régulation de l'eau, la souveraineté d'un Etat passe par l'internalisation des conséquences des deux catégories de facteurs énoncées ci-dessus. Chaque Etat devra donc être comptable du coût des externalités engendrées par ses préférences. Il n'y a en effet, aucune raison pour qu'un Etat prenne en charge, ou soit solidaire des préférences et des choix politiques de l'autre qui grèvent son bien-être. Autrement dit, chaque Etat conserve la possibilité de pratiquer une tarification avantageuse pour une certaine catégorie de consommateurs.

A l'aune de cet éclairage, nous proposons la définition suivante de la souveraineté.

2.2 *Définition : Souveraineté*

Un Etat est souverain sur ses ressources en eau domestiques lorsque :

- la quantité de BPI ne lui est pas imposée,
- il assume la responsabilité de ses préférences, par la prise en charge des coûts de sa demande en BPI ;

- toute modification de sa politique nationale qui conduirait à un accroissement de sa demande en eau n'est génératrice d'aucune externalité négative, c'est-à-dire,

$$\frac{\partial u_j}{\partial p_i^U} \leq 0 \text{ et } \frac{\partial u_j}{\partial p_i^A} \leq 0.$$

6 Conclusion

Les différentes propositions de gestion des ressources en eau transfrontalières s'inspirent de la logique coasienne (Zeitouni et al. 1994, Dinar et Wolf 1994, Howitt 1994). Elles suggèrent la définition de droits de propriété sur les ressources ainsi que la mise en place d'un marché d'échange de ces droits. Cette solution achoppe toutefois sur la définition d'un critère pour l'allocation initiale des droits. En outre, la mise en place d'un marché de droits ne résout pas les difficultés inhérentes aux consommations non-rivales de la ressource.

Le partage de coût sériel d'un bien public international pour l'exploitation durable des cours d'eau internationaux satisfait à la contrainte de la souveraineté des Etats. L'exclusion partielle de l'usage du BPI constitue non seulement une solution au problème du passager clandestin, mais participe également au respect de la contrainte de souveraineté dans la mesure où, la quantité de BPI n'est pas imposée aux Etats. En outre, la satisfaction à l'équilibre budgétaire évite tout conflit lié partage de la rente de l'utilisation de la ressource. Néanmoins, cette proposition n'est pas exempt de critique. Elle suppose en effet que les Etats se soient entendus sur la définition du BPI ainsi que sur les fonctions de l'agence internationale. Par conséquent, la différence entre la solution des marchés de droits et la présente proposition, réside dans la comparaison entre la difficulté des Etats à convenir sur une allocation physique des ressources et la difficulté à s'entendre sur une définition du bien public international.

Références Bibliographiques

- Barret S., [1994], Conflict and Cooperation in Managing International Water Resources, Policy Research Working Paper N° 1303, World Bank
- Berk I. et Lipow J., [1994], Real and ideal water rights : The prospects for water-rights reform in Israel, Gaza and the West Bank, *Resource and Energy Economics*, 16, pp. 287-301.
- Dinar A. et Wolf A., [1994], Economic potential and political considerations of regional water trade : The western Middle East example, *Resource and Energy Economics*, 16, pp.335-356.
- Easter K.W. et Hearne R.R., [1997], The economic and financial gains from water markets in Chile, *Agricultural Economics*, 15, pp.187-199.
- Frey F.W., [1993], The political context of conflict and cooperation over international rivers basins, *Water International*, 17, pp.144-154.
- Howitt, R.E., [1994], Empirical analysis of water market institutions : The 1991 California water market, *Resource and Energy Economics*, 16, pp.357-371.
- LeMarquand, D.G., [1990], International development of the Senegal River, *Water International*, vol.15, n°4, pp.223-230
- Moore J.W., [1994], Defining national property rights to a common property resource : The case of the west bank aquifers, *Resource and Energy Economics*, 16, pp. 373-390.
- Moulin H. et Shenker S., [1992], Serial Cost Sharing, *Econometrica*, vol.60, p.1009-1037.
- Moulin H., [1994], Serial Cost Sharing of Excludable Public Goods, *Review of Economic Studies*, 61, p.305-325.
- Moulin H., [1990], Uniform Externalities, Two Axioms for Fair Allocation, *Journal of Public Economics*, 43, p.305-326.
- Moulin H., [1991], Welfare Bounds in the fair Division Problem, *Journal of Economic Theory*, 54, p.321-337.
- Moulin H., [1992], Welfare Bounds in the Cooperative Production, *Game and Economic Behaviour*, 4, p.373-401.
- Kraemer R. A. et Banholzer K. M., [2000], Tradable Permits in Water Resource Management and Water Pollution Control, in O.C.D.E. publications service; Implementing domestic tradable permits for environmental protection, pp. 75-108.
- Priscoli J.D., [1994], Conflict resolution, collaboration and management in international and regional water resources issues, International Water Resources Association, VIIIth Congress, Cairo.
- United Nations, [1978], Register of International Rivers, Oxford: Pergamon Press
- Vlachos E., [1994], Transboundary Water Conflicts and Alternative Dispute Resolution, International Water Resources Association, VIIIth Congress, Cairo.
- Zeitouni N., Becker N. et Shechter M., [1994], Models of water market mechanisms and an illustrative application to the Middle East, *Resource and Energy Economics*, 16, pp. 303-319.