Quelle politique tarifaire de l'eau en Afrique subsaharienne ? Spécifications pour la construction d'un Modèle d'Equilibre Général Calculable (MEGC) intégrant un secteur informel de l'eau

Anne Briand

▶ **To cite this version:**

Anne Briand. Quelle politique tarifaire de l'eau en Afrique subsaharienne ? Spécifications pour la construction d'un Modèle d'Equilibre Général Calculable (MEGC) intégrant un secteur informel de l'eau. Colloque Développement Durable, 2004, Ouagadougou, France. hal-02430356

HAL Id: hal-02430356
https://hal.science/hal-02430356

Submitted on 7 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Quelle politique tarifaire de l'eau en Afrique subsaharienne ? Spécifications pour la construction d'un Modèle d'Equilibre Général Calculable (MEGC) intégrant un secteur informel de l'eau

Par Anne BRIAND
Université de Rouen (France)
anne.briand@univ-rouen.fr

L'article propose de construire un modèle d'équilibre général calculable (MEGC) permettant de décrire et de comprendre les canaux de transmission des chocs de politique tarifaire de l'eau en Afrique subsaharienne. Il se concentre sur les secteurs utilisateurs de la ressource en eau, c'est-à-dire sur les secteurs de production et de distribution d'eau potable et, sur le secteur agricole. Plus encore, compte tenu du nombre important d'opérateurs informels intervenant dans la distribution de l'eau, l'accent est plus précisément porté sur les possibilités de substitution et d'arbitrage entre les segments formel et informel de ce marché.

La question traitée est celle des effets de changements de politique tarifaire de l'eau sur l'évolution respective des deux segments en terme de distribution d'eau potable et d'emplois. Quels seront les impacts en termes d'efficacité et d'équité ainsi que sur le bien-être global ?

La première partie traite de la spécificité (dualité) du marché de distribution d'eau potable en Afrique subsaharienne pour démontrer son impact en terme d'hétérogénéité sur les prix de l'eau supportés par les ménages. Elle justifie l'effort de réflexion entrepris sur les possibilités de tarification de l'eau qui seront envisagées comme scenarii dans le MEGC. La seconde partie porte sur les spécifications du modèle en présentant les justifications (à la fois théoriques, à partir d'une revue de la littérature, et, empiriques, à partir des constats présentés dans la première partie) des choix de modélisation des différents secteurs productifs et agents de l'économie décrite. L'accent est mis sur le comportement des producteurs, des ménages, de l'Etat et des relations avec l'extérieur.

Introduction

La Banque mondiale ne cesse de promouvoir la participation du secteur privé notamment dans le secteur de l'eau. Cependant l'analyse de la situation actuelle des PED, et notamment de l'Afrique subsaharienne, montre que de nombreux ménages (surtout à faible revenu) des zones urbaines ou rurales n'ont toujours pas accès à l'eau potable malgré la modernisation du secteur. En effet les grandes sociétés distributrices d'eau ont du mal à assurer le service dans les petits centres et quartiers secondaires des grandes villes, probablement à cause de leurs structure et politique mal adaptées à ces zones marginales ou peu rentables. Pourtant ces zones abritent une partie importante et en pleine croissance de la population. C'est pourquoi, en l'absence d'un service moderne plus efficace de l'eau, il existe un service « alternatif », assuré par des petits opérateurs privés qui appartiennent le plus souvent au secteur « informel ». Des enquêtes de terrain (Hydroconseil, 2000) menées dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne ont révélé leur grand dynamisme et surtout, leur poids économique prépondérant dans le secteur, en termes d'emplois, de chiffre d'affaire et de nombre de familles desservies.

Toute politique tarifaire de l'eau dans les pays d'Afrique subsaharienne devrait intégrer l'existence de ces acteurs trop longtemps ignorés. C'est pourquoi, l'article propose la construction d'un cadre théorique cohérent permettant de décrire et comprendre, les canaux de transmission des chocs de politique tarifaire de l'eau au Sénégal. Pour traiter cette question, le recours à un Modèle d'Equilibre Général Calculable (MEGC) est la méthodologie la plus appropriée puisqu'elle permet de modéliser le comportement de tous les secteurs et agents intervenant dans l'économie décrite, ainsi que les relations qui les lient.

Le MEGC se concentre sur les secteurs utilisateurs de la ressource en eau : un secteur de production d'eau potable, de distribution d'eau potable et, un secteur agricole. Plus encore, compte tenu du nombre important d'opérateurs informels intervenant dans la distribution de l'eau, l'accent est porté sur les

possibilités de substitution et d'arbitrage entre les segments formel et informel de ce marché. La question traitée est celle des effets de changements de politique tarifaire de l'eau au Sénégal sur l'évolution respective des deux segments en termes de distribution d'eau potable et d'emplois. Si une politique tarifaire permet d'accroître l'accès au réseau formel pour tous, quel sera le devenir du secteur informel de l'eau? Quels seront les impacts en terme d'efficacité et d'équité, ainsi que sur le bien-être global ? La première partie de l'article traite de la spécificité (dualité) du marché de distribution d'eau potable en Afrique subsaharienne pour démontrer son impact en terme d'hétérogénéité sur les prix de l'eau supportés par les ménages. Elle présente les possibilités de tarification de l'eau qui seront ensuite envisagées comme scenarii dans le MEGC. La seconde partie porte sur les justifications des choix de modélisation des différents secteurs productifs et agents de l'économie décrite.

1. La spécificité (dualité) du marché de distribution d'eau potable en Afrique subsaharienne et son impact en terme d'hétérogénéité des prix de l'eau

a) Le segment informel dans le marché dual de distribution d'eau potable

Les travaux empiriques (Hydroconseil, 1998) sur le marché de la distribution de l'eau potable en Afrique subsaharienne mettent en évidence un certain nombre de caractéristiques communes que nous présentons rapidement dans cette section.

Tout d'abord, le service offert par les opérateurs informels doit être considéré comme un véritable complément de l'entreprise publique, qui répond mal à la demande des populations à faible revenu. Ces opérateurs privés se développent dans les « interstices » du service public, c'est-à-dire qu'ils complètent les lacunes du service offert par la société distributrice, en répondant à une demande atomisée dans des quartiers mal lotis ou d'installation récente. Les plus grands consommateurs (en nombre) d'eau via le segment informel de distribution se situent dans les quartiers périphériques appelés centres secondaires ou dans des zones d'accès difficile. Tous ces espaces à la marge du reste de la ville compliquent l'approvisionnement en eau par les réseaux classiques de distribution.

Ce secteur informel (redistribution d'eau) a pour fonction dominante l'équilibre de la pénurie. Au sein du circuit total, l'achat aux opérateurs informels remplit une fonction régulatrice d'adaptation du service d'eau aux aléas économiques. Cette offre permet à de nombreux ménages de pouvoir disposer chaque jour d'une quantité d'eau potable minimale, en fractionnant leurs dépenses en fonction de leurs revenus quotidiens et irréguliers.

Le poids macroéconomique de ces opérateurs dans le secteur de l'eau est considérable. Il est important en terme de valeur ajoutée puisque d'après un rapport[1], les opérateurs privés du secteur de l'eau potable réalisent entre 21% et 84% de la valeur ajoutée de la filière bien qu'ils se situent pour la plupart dans le secteur informel. De plus, la proportion d'emplois créés par ces activités informelles est encore plus grande (3 à 13 fois plus) que celle des sociétés distributrices, même s'il s'agit souvent d'emplois précaires ou transitoires. Le personnel ainsi employé représenterait 2 à 4 pour mille de la population des villes, soit 2 à 3% de l'emploi stable des villes.

b) Impact de la structure de ce marché « atypique » de distribution sur la tarification de l'eau potable

Distributeur	Mode d'approvisionnement	Segment formel / informel	Prix de l'eau vendue (en Unité Monétaire par m3)
Branchement domiciliaire	Raccordement privé au réseau	**Distribution formelle** d'eau potable	De 0.3 à 1 UM / m3

[1] Synthèse des différentes études de terrain menées au Burkina-Faso, au Cap-Vert, à Haïti, au Mali, en Mauritanie et au Sénégal (Hydroconseil, 1998).

Fontainier	Vente d'eau au détail à la borne-fontaine (raccordée au réseau)	**Distribution formelle** d'eau potable – opérateurs privés sous contrat avec la société concessionnaire	De 0.6 à 1.5 UM / m3
Charretier	Livraison à domicile d'eau au seau ou au fût	**Distribution informelle** d'eau potable	De 2 à 10 UM / m3
Porteur d'eau	Livraison dans la rue d'eau au seau	**Distribution informelle** d'eau potable	Très variable selon les quartiers et villes car vendue en très faible quantité
Abonné au réseau mais revendeur au voisinage	Vente d'eau au détail aux voisins d'un immeuble ou d'une cour partagée	**Distribution illégale** d'eau potable (situation particulière non considérée comme informelle	De 1 à 6 UM / m3

Source : Tableau construit à partir de différentes données d'enquête menées par Hydroconseil (1998, 2000).

A la recherche d'une politique tarifaire de l'eau « efficace » et « équitable » : les 3 scenarii du MEGC

La tarification de l'eau au coût marginal

L'apparition en Afrique subsaharienne de nouveaux facteurs, sources de contraintes supplémentaires (forte croissance démographique, forte urbanisation, croissance rapide de la demande, hausse des coûts de mobilisation des ressources et d'exploitation ou, hausse des coûts liés à l'extension des services d'AEP à des zones de faible densité de population pour lesquelles le coût unitaire du service d'eau est relativement plus élevé), a généré l'idée d'atteindre des niveaux de production et de consommation d'eau économiquement « efficaces » susceptibles d'épargner les ressources rares. L'attention s'est donc progressivement portée sur une hausse de la tarification de l'eau pour qu'elle atteigne au moins la valeur de son coût marginal.

La tarification progressive de l'eau avec « tranche sociale subventionnée »

Le concept de « tranche sociale subventionnée » ou de « besoin de base » a une justification économique essentiellement fondée sur l'argument de redistribution des revenus. En effet, l'objectif de la société distributrice à mission de service public est aussi de permettre un accès pour tous (même aux ménages à faible revenu) : souci de justice sociale.

Le principe est de définir une 1ère tranche de consommation dite « sociale » (correspondant au volume de consommation minimal pour la satisfaction des besoins de base) pour laquelle le tarif appliqué est dit « social » (inférieur au coût marginal). Puis, les autres tranches de consommation (volumes plus élevés) sont tarifiées au coût marginal.

Cependant de telles politiques ne se sont pas toujours révélées positives aux ménages à faible revenu. Bien au contraire, elles ont même souvent généré en Afrique des effets contre-redistributifs pour les raisons suivantes. Tout d'abord dans des villes comme Dakar, où le taux de desserte (branchement domiciliaire) est fort (73%)[2], ces politiques ont favorisé l'accès à l'eau des ménages à revenu moyen et non aux ménages à faible revenu. Ces derniers habitent souvent des quartiers marginaux « hors réseau », et sont donc peu touchés par de telles politiques pourtant dites « sociales ». De plus, dans les quartiers précaires dont la particularité de l'habitat est la cour partagée avec un seul robinet, les ménages se partagent la facture d'eau dont le volume de consommation élevé correspond à un prix fort.

[2] Banque mondiale, 2004.

La tarification de l'eau au coût moyen (Ramsey[3]-Boiteux[4])

Elle fait disparaître l'obligation pour l'Etat d'accorder une subvention au producteur dans le cas où la tarification au coût marginal occasionnerait une perte (prix inférieur au coût moyen). L'Etat impose alors à la société distributrice une contrainte d'équilibre budgétaire.

Ces trois types de tarification posent clairement la question de leur impact réallocatif et redistributif compte tenu de la réalité africaine. Permettent-elles d'atteindre le double objectif d'efficacité et d'équité ? Laquelle est la plus favorable à l'accès de l'eau potable pour tous et génère le plus de bien-être global sur l'économie ?

2. Hypothèses de base du MEGC

Compte tenu de la problématique suivie, il nous a semblé indispensable de construire et de mettre l'accent sur un secteur de production d'eau potable, un secteur de distribution d'eau potable, puis un secteur agricole. Ces trois secteurs ont fait l'objet d'une réflexion plus approfondie puisque ce sont les secteurs clés du modèle.

Nous postulons les hypothèses générales suivantes : rationalité économique illimitée, information parfaite**,** concurrence pure et parfaite, monnaie neutre (pas de sphère monétaire ni financière). L'économie dispose de six facteurs de production (eau primaire, capital, travail formel, travail informel, terre d'irrigation, terre à sec), de cinq secteurs productifs (production d'eau potable, distribution d'eau potable, production agricole, production industrielle, production des services). Quatre agents constituent l'économie : un producteur représentatif, un consommateur représentatif (avec 3 catégories de ménages : Dakar, Autres Centres Urbains, Ruraux), l'Etat et le RDM. Il s'agit d'un petits pays (peu d'influence sur les prix mondiaux).

La ressource en eau est considérée comme un facteur primaire de production dans le secteur de production d'eau potable et le secteur agricole. Ce facteur est appelé « Eau primaire » (c'est-à-dire « Eau brute »). Cette quantité d'offre d'eau primaire est fixe (exogène) et, est totalement détenue par l'Etat. Cette offre exogène d'eau primaire doit satisfaire à la fois la demande d'eau primaire émise par le secteur de production d'eau potable et, la demande d'eau d'irrigation émise par deux branches (une branche agricole d'irrigation et une branche agricole à sec) du secteur agricole.

3. Les secteurs productifs clés du modèle

a) Le secteur de production d'eau potable

La littérature économique fournit très peu de travaux sur des MEGC intégrant un secteur de production d'eau à part entière.

Cependant, dans la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord, des études se sont développées pour l'évaluation des situations de pénurie d'eau à l'échelle de pays. Comme remarque Thabet (2003), la plupart de ces études portent sur des modèles utilisant des cadres simples ne permettant pas de réponde à des questions d'allocation, d'efficacité ni d'équité de la politique de prix de l'eau. Notamment, peu d'études centrées sur les problèmes de gestion de l'eau d'irrigation et utilisant des modèles d'équilibre général calculable (EGC) ont été mises en œuvre (Johansson, 2000)[5].

Les MEGC développés par la littérature économique pour traiter de la gestion de l'eau diffèrent à plusieurs niveaux. Tout d'abord, le modèle de Goldin et Roland-Holst (1995), suppose l'existence d'une offre d'eau parfaitement élastique, pouvant répondre à toute demande. Löfgren (1996)[6] a fait l'hypothèse d'une

[3] F. Ramsey (1927), « A Contribution to the Theory of Taxation », Economic Journal 37, 47-61, in: Decaluwé (2001).
[4] M. Boiteux (1956), « Sur la gestion des monopoles publics astreints à l'équilibre budgétaire », Econometrica 24, 22-24, in : Decaluwé (2001).
[5] R.C. Johansson (2000), « Pricing Irrigation Water: A Literature Survey », World Bank, Policy Research Working Paper, n° 2449.
[6] H. Löfgren (1996), « The Cost of Managing with Less: Cutting Water Subsidies and Supplies in Egypt's Agriculture », 83-107 in: Thabet (2003).

quantité globale d'eau fixe dans l'économie tandis que Decaluwé et al (1998, 1999) modélisent explicitement la production d'eau avec différentes technologies selon que l'eau est extraite des barrages ou des nappes souterraines. Par contre, le modèle ne comporte ni secteur de production d'eau potable, ni secteur de distribution d'eau potable. Ceci signifie alors que l'eau provenant des barrages ou des nappes peut directement être utilisée pour la consommation humaine, sans traitement particulier. Cette hypothèse (du MEGC de Decaluwé) nous semble forte et il nous apparaît pertinent de construire à la fois un secteur de production d'eau et un secteur de distribution d'eau potable. Les travaux de Thabet (2003) sont pour le moment les seuls à avoir intégrer dans un MEGC un secteur de production et distribution d'eau potable, mais celui-ci est agrégé puisque aucune distinction n'est faite entre production et distribution.

Concernant la demande d'eau, certains MEGC ne considèrent que la demande d'eau d'irrigation par le secteur agricole (Löfgren, 1996 ; Goldin et Roland- Host (1995)) tandis que d'autres (Decaluwé, 1998, 1999) distinguent une demande domestique, agricole et industrielle. Nous intégrons aussi ces trois demandes d'eau distinctes.

Pour définir le secteur de production d'eau potable, on part des hypothèses suivantes :

On suppose que le secteur de production d'eau potable est représenté par un seul producteur : la société distributrice d'eau à mission de service public. Elle est chargée de transformer l'eau primaire en la combinant à d'autres facteurs de production (capital et travail) et à d'autres intrants (tels que l'énergie, les produits chimiques qui permettent de traiter l'eau…) pour produire une « eau potable » de qualité supérieure à l'eau primaire. Cette « eau potable » ainsi produite sera demandée en tant que intrant par le secteur de distribution d'eau potable, en tant que consommation intermédiaire pour le secteur industriel.

On définit la structure productive d'eau potable suivante :

Au niveau le plus bas de la structure, le facteur capital est combiné au facteur travail par une fonction CES pour former un facteur composite appelé « capital-travail ». Puis, le facteur composite est combiné par une fonction CES avec l'eau primaire pour former la valeur ajoutée du secteur de production d'eau potable. Enfin au plus haut niveau de la structure arborescente, la valeur ajoutée est combinée à la consommation intermédiaire totale du secteur par une fonction Leontief afin de former la production totale d'eau potable du secteur.

b) Le secteur de distribution d'eau potable

La littérature économique ne fournit aucun exemple de modélisation d'un secteur de distribution d'eau potable puisqu'à notre connaissance, aucun MEGC n'a intégré un tel secteur. Compte tenu de notre problématique de recherche, nous estimons très important de représenter ce secteur afin d'intégrer l'existence d'une dualité forte dans les pays d'Afrique subsaharienne entre le segment formel de distribution et le segment informel (revendeurs privés informels d'eau potable). Cette représentation est essentielle pour analyser par la suite, les effets potentiels de nouvelles politiques tarifaires de l'eau en termes de substituabilité entre les deux modes d'approvisionnement de l'eau potable des ménages (formel/informel), et les impacts sur l'emploi informel.

On postule l'hypothèse selon laquelle l'offre totale de distribution d'eau potable émane d'une part d'un segment formel et d'autre part, d'un segment informel. Les deux segments se distinguent par le fait qu'un seul utilise du facteur capital. En effet, on considère que le segment formel est doté en facteur capital (infrastructures liées aux bornes-fontaines par exemple) et en facteur travail formel (concessionnaires privés en contrat avec le société publique ou l'Etat). Tandis que le segment informel est très intensif en facteur travail informel (bien que les travailleurs ont généralement l'habitude de cumuler deux types d'emplois : un emploi formel d'agriculteur et, un emploi informel lié à la revente privée d'eau par portage : cas des charretiers). De par le statut informel de ces dernières activités, il apparaît incontournable de considérer ce facteur travail comme ayant un statut informel.

Compte tenu des faits empiriques sur le fonctionnement du marché de distribution d'eau, et de la problématique suivie, nous proposons la structure productive suivante :

De façon conventionnelle, on pose au 1er niveau de la structure arborescente une relation de substitution imparfaite entre les facteurs capital et travail formel ce qui justifie la combinaison des deux par une fonction CES formant ainsi, un facteur composite capital-travail formel.

Au 2ème niveau, on distingue deux sous niveaux. Au 1er sous-niveau, l'intrant eau potable du segment formel se combine au facteur composite capital-travail formel par une fonction CES décrivant l'imparfaite substituabilité entre les deux, pour former la valeur ajoutée du segment formel de distribution d'eau potable. Au 2ème sous-niveau, l'intrant eau potable du segment informel se combine uniquement au facteur travail informel par une fonction CES traduisant l'imparfaite substituabilité entre les deux, pour former la valeur ajoutée du segment informel de distribution d'eau potable.

Au 3ème niveau, on distingue encore deux sous-niveaux. Au 1er sous-niveau , la valeur ajoutée du segment formel est combinée à la consommation intermédiaire agrégée du segment formel par une fonction additive (Léontief), formant ainsi la distribution d'eau potable du segment formel. Au 2ème sous-niveau, la valeur ajoutée du segment informel est combinée à la consommation intermédiaire agrégée du segment informel par une fonction Léontief, formant ainsi la distribution d'eau potable du segment informel.

Enfin, au plus haut niveau de la structure arborescente (4ème niveau), les productions des segments formel et informel sont combinées par une fonction Cobb-Douglas pour agréger ces deux productions en une production totale (offre totale) de distribution d'eau potable.

Le choix du recours à une fonction Cobb-Douglas s'explique par le fait que les actions de l'Etat en matière de tarification de l'eau potable et de soutien au branchement domiciliaire, devraient rendre les deux segments parfaitement substituables à long-terme. Bien que des études de terrain montrent qu'actuellement les deux services sont différentiables selon le segment qui opère, la distribution d'eau devrait être un service homogène. Idéalement (compte tenu de l'objectif du gouvernement de généralisation de l'accès à l'eau potable pour tous), le réseau informel de revente d'eau en tant que palliatif du réseau actuel formel trop inefficace, sous-dimensionné et déficient, devrait disparaître sous l'effet de politique plus efficace. Cette disparition serait positive dans le sens où elle signifierait une plus grande efficacité du réseau formel. A contrario, l'impact en termes de disparition d'emplois informels pourrait être négatif si des emplois ne se créent pas davantage dans le segment formel. C'est cette lecture des faits qui inspire le choix de la Cobb-Douglas.

c) Le secteur agricole

Le secteur agricole, par le recours à l'irrigation, est un secteur largement consommateur d'eau. C'est pourquoi, nous accordons aussi une réflexion particulière au choix des spécifications des technologies de production de ce troisième secteur clé de l'économie. Celles-ci donnent des informations importantes sur les relations de substitution entre la terre, les fertilisants, l'eau, le capital et le travail, ainsi qu'avec les consommations intermédiaires.

Pour construire l'arbre de production agricole, nous nous sommes inspirés de la littérature économique (plus dense concernant ce secteur), en établissant un bilan des avantages et inconvénients des différentes structures proposées par les MEGC agricoles intégrant la ressource en eau.

Le MEGC régional de Berck, Robinson et Goldman (1991) visait à évaluer les effets d'une réduction forte de la quantité d'eau allouée au secteur agricole sur le PIB, la production sectorielle, l'emploi et l'utilisation de la terre dans la région de la vallée San Joackim en Californie. Leur fonction de production agricole comportait quatre facteurs primaires : l'eau, la terre, le travail et le capital. Dans ce modèle, les auteurs différencient la terre en fonction de la qualité en trois catégories selon une structure hiérarchique : la terre de bonne qualité peut être utilisée pour un usage inférieur mais pas l'inverse. Le stock d'eau disponible est en quantité agrégée fixe. Cette ressource n'est utilisée que par le secteur agricole, ce qui n'est pas le cas dans notre modèle. Les auteurs distinguent deux variantes du secteur. Une variante à forte élasticité de substitution de l'offre dans laquelle la valeur ajoutée (agricole) est représentée par une fonction Cobb-Douglas reliant la terre, le travail et le capital. Une variante à faible élasticité de substitution de l'offre dans laquelle le capital et la terre sont utilisés en proportions fixes et le travail est combiné à cet agrégat par une fonction Cobb-Douglas. Or l'utilisation d'une telle spécification de production agricole limite les possibilités de substitution entre les facteurs primaires d'une part, et les autres intrants intermédiaires d'autre part.

Notamment, dans la variante à faible élasticité « l'eau, la terre et le capital sont utilisés en proportions fixes » et il n'existe donc, « aucune relation de substitution entre la terre et les consommations intermédiaires tels que les engrais et les pesticides ». Dans la variante à élasticité élevée, « les substitutions entre la terre, le travail et le capital sont les mêmes dans toutes les activités agricoles et sont réduites à l'unité » (Thabet, 2003).

Le MEGC proposé par Decaluwé, Patry et Savard (1999), appelé modèle Aquam, visait à analyser l'impact d'une tarification de l'eau d'irrigation au coût marginal puis au coût moyen sur l'économie marocaine. Le modèle représente deux régions : le Nord abondant en eau et le Sud faiblement doté en eau. Les auteurs prennent en considération les différents usages de la ressource (domestique, agricole et industrielle). La structure de production agricole est représentée par une fonction CES emboîtée à plusieurs niveaux. Celle-ci s'appuie sur l'argument de Just (1991)[7] selon lequel l'introduction de possibilités de substitution entre intrants dans la fonction de production agricole est primordiale pour une analyse appropriée de la question de l'eau. Notamment, il apparaît indispensable de représenter des relations de substitution entre l'eau, les facteurs de production et certaines consommations intermédiaires. Ainsi, une CES emboîtée permet de postuler une substituabilité entre les divers facteurs de production et les consommations intermédiaires, et ceci, à plusieurs stades de la production.

Face au corpus d'hypothèses dense offert par la littérature, nous proposons les spécifications de production agricole suivantes :

Au plus haut niveau de la structure (5ème étage), la production du secteur agricole se décompose par une fonction additive (Léontief) entre la valeur ajoutée du secteur agricole et la consommation intermédiaire totale (agrégée) du secteur agricole. Cette spécification (reliant la VA à la CI) est très répandue dans les MEGC.

Au 4ème niveau, la valeur ajoutée du secteur agricole se décompose par une fonction CES entre 2 grands composites substituables : le composite TFE_A « Terre-Fertilisants-Eau » et le composite KL_A « Capital-Travail » du secteur agricole. Il apparaît au vue de la littérature économique, que la terre, les fertilisants et l'eau peuvent former un composite par une fonction CES. Dans le modèle Aquam, le composite comporte aussi le facteur capital puisque ce dernier est relié à la terre pour former un sous composite, qui est lui-même relié à un 2ème sous-composite (formé par les fertilisants et l'eau). Nous choisissons ici de ne pas intégrer le facteur capital dans la formation du composite, puisqu'il nous apparaît « irréaliste » de le considérer substituable par la même élasticité (donc, de façon identique) aux fertilisants, à l'eau, et à la terre. Cependant, considérer la même élasticité de substitution entre les fertilisants et l'eau dans un premier temps, puis une autre élasticité de substitution entre le composite « Fertilisants-Eau » et la terre, nous apparaît plus raisonnable.

Au 3ème niveau, chacun des deux grands composites se désagrègent par une fonction CES. Le composite TFE_A se désagrège en deux composites : le composite TFE des terres d'irrigation et le composite TFE des terres à sec. En effet, conformément à une hypothèse du modèle de Thabet, nous choisissons de distinguer les terres et donc, le composite qui inclut la terre, selon leur degré d'utilisation de l'eau d'irrigation. Cette hypothèse nous semble importante si nous envisageons de distinguer le prix de l'eau d'irrigation selon l'intensité de la consommation de cette ressource rare (irrigation de petite échelle / irrigation de grande échelle). De même, selon le choc de politique tarifaire de l'eau d'irrigation, il semble probable que des substitutions s'opèreront, non seulement entre les intrants Eau, Fertilisants, et Terre au sein de chaque segment (Terre d'irrigation / Terre à sec), mais aussi entre le recours à des terres d'irrigation ou à sec. Le composite KL_A se désagrège (CES) en facteur capital et facteur travail du secteur agricole.

Au 2ème niveau, chacun des composites TFE_{IA} et TFE_{SA} se désagrègent par une fonction CES. Le composite TFE_{IA} se désagrège en un facteur Terre d'irrigation du secteur agricole et en un composite «Fertilisants-Eau » utilisé par les terres d'irrigation. Le composite TFE_{SA} se désagrège en un facteur Terre à sec et en un composite « Fertilisants-Eau » utilisé par les terres à sec. Il semble souhaitable de conserver ici le composite « Fertilisants-Eau » pour le substituer à la terre, plutôt que de désagréger plus « brutalement » en Terre, Fertilisants et Eau car le degré de substituabilité entre les trois n'est sûrement pas identique. De plus, la

[7] R.E. Just (1991), "Estimation of Production Systems with Emphasis on Water Productivity", dans: A. Dinar et D. Zilberman (eds), "The Economic and Management of Water and Drainage in Agriculture", Kluer Academic Publisher, Boston, in: B. Decaluwé, A. Patry, L. Savard (1998).

littérature a démontré la relation cruciale de substituabilité entre les intrants fertilisants et eau, considérée comme plus forte que celle entre les facteurs de production (Hertel, Ball, Huang et Tsigas,1989)[8].

Enfin au niveau le plus bas de la structure, chacun des composites FE_{IA} et FE_{SA} sont désagréger par une fonction CES entre les intrants Fertilisants et Eau selon la terre respective d'utilisation (irrigation ou à sec) (Hexem et Heady, 1978)[9].

4. Les ménages et le Reste du Monde

a) Modélisation du comportement des ménages

Le MEGC comporte trois catégories de ménages (trois consommateurs représentatifs): Dakar, Les Autres Centres Urbains et les Ruraux. La modélisation de la structure de leurs préférences est similaire, ce qui n'empêche pas de considérer des paramètres de comportement de préférence en terme de consommation distincts selon la catégorie.

Au plus haut niveau de la structure, les ménages décident du montant global alloué à la consommation de biens et services, et celui de l'épargne (Cobb-Douglas).

Puis, ils déterminent la composition de leur panier de biens de consommation (constitué de quatre produits agrégés : l'eau potable, le bien agricole, le bien industriel et le service). Ces quatre biens constituant le panier de consommation des ménages sont agrégés par un système linéaire de dépenses[10] (LES). Le choix de cette forme fonctionnelle n'est pas arbitraire. Elle permet de formuler des modes de consommation qui nous semblent appropriés au cas d'un PED puisqu'elle est centrée sur la notion de « standard de vie ». En effet, ce système distingue au sein du volume consommé deux types de consommations : la consommation « incompressible » qui est le volume du produit que doit consommer le consommateur représentatif s'il veut maintenir un standard de vie minimal (exogène), et, la consommation «discrétionnaire » qui dépend de manière endogène, des variations de prix et du revenu disponible.

Pour la consommation d'eau potable agrégée, les ménages arbitrent, au travers d'une fonction CES, entre la consommation d'eau via le branchement individuel (robinet à domicile) offert par le segment formel de distribution, et la consommation d'eau via d'autres modes d'approvisionnement formel et informel (correspondant au non raccordement privé).

Enfin la demande d'eau potable via d'autres modes d'approvisionnement (non raccordement privé), se désagrège en une demande d'eau potable via les bornes-fontaines du segment formel, et une demande d'eau potable via les opérateurs informels (charretiers : livreurs à domicile). Une fonction CES décrit la substitution imparfaite entre ces deux derniers modes d'approvisionnement.

Cependant, l'arbitrage des ménages entre la consommation d'eau via les bornes-fontaines du segment formel et les redistributeurs informels (charretiers) est dans la réalité africaine plus complexe. La notion de temps « perdu » à la collecte d'eau est assimilable à un coût d'opportunité mesurable par le salaire. En effet, la livraison d'eau à domicile par les charretiers (informels) permet aux ménages (surtout « pauvres ») d'allouer le temps à des activités productives plus rémunératrices.

---

[8] T.W. Hertel, V.E. Ball, K.S. Huang et M.E. Tsigas (1989), "Computing General Equilibrium Farm Level Demand Elasticities for Agricultural Commodities", Agricultural Experiment Station Research Bulletin n° 988, Purdue University, West Lafayette (AZ).

[9] R.W. Hexem et E.O. Heady (1978), "Water Production Functions for Irrigated Agriculture, The Iowa State University Press, Ames (IA), in: Decaluwé (2001).

[10] Le recours à la forme LES pour décrire le comportement de consommation des ménages, notamment dans les pays en développement est préconisé par la littérature (Decaluwé et al, 2001). L'origine du SLDS (système linéaire de dépenses de Stone) tient aux travaux de Klein et Rubin (1947-1948), puis de ceux développés par Stone (1954). La fonction d'utilité, dont le SLDS peut être déduit, a été formulée par Samuelson (1947-1948) et Geary (1950-1951), le SLDS étant d'ailleurs fréquemment appelé système Stone-Geary.

b) Modélisation des échanges extérieurs

On pose l'hypothèse de « petit pays » pour tous les produits de l'économie. Ceci signifie que tous les producteurs et consommateurs sénégalais sont « price-takers » (preneurs de prix). Ils sont sans influence sur les prix mondiaux (ni à l'exportation, ni à l'importation).

La plupart des MEGC modélise les échanges extérieurs de façon identique. L'hypothèse de « différenciation des produits selon leur origine » aussi bien à l'offre qu'à la demande est souvent posée. Il est vrai qu'intuitivement, on comprend que les produits industriels et agroalimentaires peuvent se distinguer en fonction de leur origine géographique (préférence différente selon l'origine des produits importés). Cette hypothèse serait également valide pour les denrées agricoles « brutes » d'après plusieurs travaux : sur le riz (S.Ito, 1990)[11], sur le blé (Johnson, 1979)[12] ou les fruits et légumes (Sparks et Ward, 1992)[13]. Ces études recommandent le recours à l'hypothèse d'Armington[14] pour décrire le comportement en matière de choix entre les produits domestiques et les produits étrangers. De plus, l'étude récente de Hertel (1999)[15] montre que le recours à cette hypothèse est d'autant plus appropriée aux produits agricoles pour étudier les échanges, compte tenu de considérations climatiques et agronomiques qui peuvent limiter temporellement les productions de certains produits agricoles qui nécessitent alors le recours à l'importation : contraintes climatiques, environnementales et sur la ressource en eau. Les pays d'Afrique subsaharienne dont le Sénégal, sont particulièrement vulnérables vis à vis de ces contraintes.

Les exportations : on considère que la production domestique Q_i est composée d'une partie destinée à l'exportation (X_i) et d'une autre destinée à l'approvisionnement du marché domestique (QD_i). De façon très conventionnelle, on choisit de représenter le comportement des producteurs en matière de transformation de la production nationale en X_i et QD_i par la fonction CET (Constant Elasticity of Transformation). Elle décrit la structure des préférences des producteurs locaux en terme de marché visé pour les ventes de leurs produits.

Les importations : on suppose que le consommateur du produit i se voit offrir un volume total de produit i (CD_i) qu'il achète en proportion variable au RDM (M_i) et sur le marché intérieur (QD_i). Son choix entre les deux sources d'approvisionnement est exprimé par une fonction de substitution commerciale à élasticité de substitution commerciale constante et finie.

5. La formation des revenus des ménages et de l'Etat

Pour les ménages de la catégorie h, les ressources sont constituées de l'ensemble des revenus des facteurs primaires de production détenus auxquels s'ajoutent les transferts de l'Etat (aides et prestations sociales), les transferts privés reçus des autres catégories de ménages et du RDM. En déduisant leurs dépenses (impôts sur le revenu et divers transferts versés), on obtient leur revenu disponible total :

$$R^h = RES^h\,(1-t_{IR}) - tr_{h,G} - tr_{h,P} - tr_{h,RDM}\,e$$

avec : $RES^h = p_K\overline{K} + p_L\overline{L} + p_{Ti_i}\overline{Ti} + p_E\overline{E} + tr_{G,h} + tr_{P,h} + tr_{RDM,h}e$

[11] S. Ito, D.T. Chen and W.F. Peterson (1990), "Modeling international trade flows and market shares for agricultural commodities: a modified Armington procedure for rice", Agricultural Economics, vol 4, 315-333, in : Thabet (2003).

[12] P. Johnson, T. Grennes and M. Thursby (1979), «Trade models with differentiated products", American Journal of Agricultural Economics", vol 61, n° 1, 120-127.

[13] A. Sparks and R.W Ward (1992), « A simultaneous econometric model of woeld fresh vegetable trade, 1962-1992: an application of non linear simultaneous equations", The Journal of Agricultural Economic Research, vol 44, n° 2, 15-26.

[14] Armington (1969), « A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production », IMF Staff Papers 16, 159-176, in: Decaluwé (2001).

[15] T.W. Hertel (1999), "Applied General Equilibrium analysis of agricultural and resource policies", Staff Paper 99-2, department of Agricultural Economics Purdue University, march.

Pour l'Etat, les ressources sont constituées du revenu issu de la vente d'eau primaire aux divers utilisateurs, des impôts directs sur le revenu des ménages, des taxes indirectes liées à la production, des droits de douane sur les produits importés, des transferts reçus du RDM et des ménages, ainsi que des taxes sur les produits exportés. Les dépenses sont composées de subventions d'exploitation pour certains secteurs, de subventions à la consommation pour les produits jugés de 1ère nécessité, des transferts vers les ménages et le RDM. Le revenu disponible de l'Etat est alors :

$$R_G = RES_G - Sub_C - Sub_P - tr_{G,h} - tr_{G,RDM}\, e$$

avec :

$$RES_G = p_{Epr} E_{pr} + p_{E_{iA}} \sum_{i}^{l} E_{iA} + p_{E_{SA}} \sum_{i}^{l} E_{SA} + p_{CI_{EI}} \sum_{i}^{m} CI_{EI} + DD_I + IINSP + TEXP + \sum_{h=1}^{2} IR +$$

$$tr_{RDM,G}\, e + tr_{h,G}$$

Conclusion

Peu de ressources ont un impact aussi important sur la vie humaine que l'eau. Celle-ci est primordiale au maintien des conditions humaines et sanitaires minimales. Compte tenu de la rareté de cette ressource, la science économique peut indéniablement apporter des éléments de réflexion sur les instruments assurant les conditions de son utilisation rationnelle. La problématique de la tarification de l'eau ne peut être valablement étudiée que dans un cadre EGC qui tienne compte d'une part, des liens qui unissent les différentes composantes de l'économie et d'autre part, des effets de rétroaction des décisions des agents économiques sur la structure de la production et de la demande.

Les étapes de travail immédiates sont les suivantes :

- La spécification de l'arbitrage des ménages entre la demande d'eau potable distribuée via les bornes fontaines du segment formel et celle distribuée à domicile par les opérateurs informels (charretiers). Nous définirons une micro-fonction d'utilité qui prendra en compte le coût d'opportunité supporté par les ménages (à faible revenu) représenté par le temps alloué à la collecte d'eau, temps qui pourrait être réalloué à une activité productive rémunératrice.

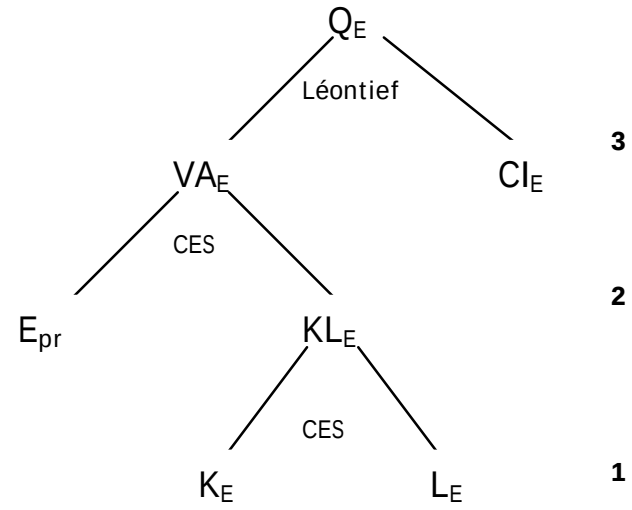
- La détermination des équilibres de marché: des biens et services et des facteurs de production. L'accent doit être mis sur celui du travail (formel et informel) et les conditions de mobilité.

- La construction de la Matrice de Comptabilité Sociale (MCS) du Sénégal, à partir des données à la fois macroéconomiques et sectorielles, permettra de réaliser le calibrage du modèle. Les élasticités seront empruntées à la littérature économique.

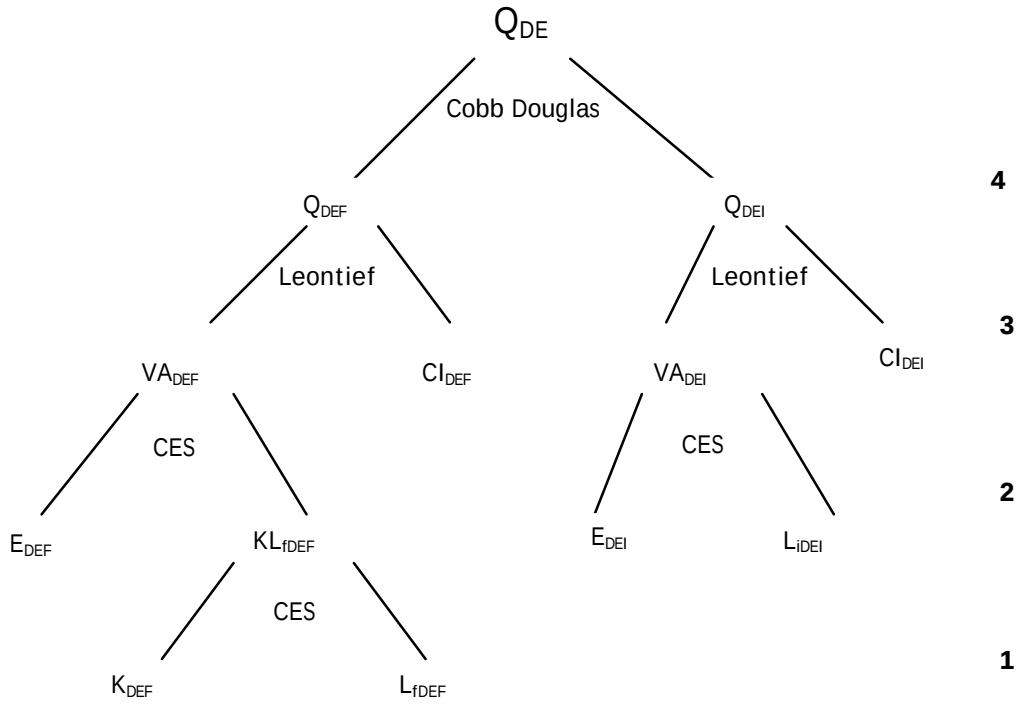
- Enfin nous pourrons réaliser les simulations. Les 3 tarifications proposées feront l'objet des scenarii du MEGC. L'interprétation des résultats permettra d'en déduire les impacts en terme d'efficacité économique, d'équité, d'accès de l'eau potable, ainsi que les effets de substitution possibles entre les différents facteurs de production. Nous déterminerons aussi les effets en terme de pauvreté et de bien-être total.

Annexes

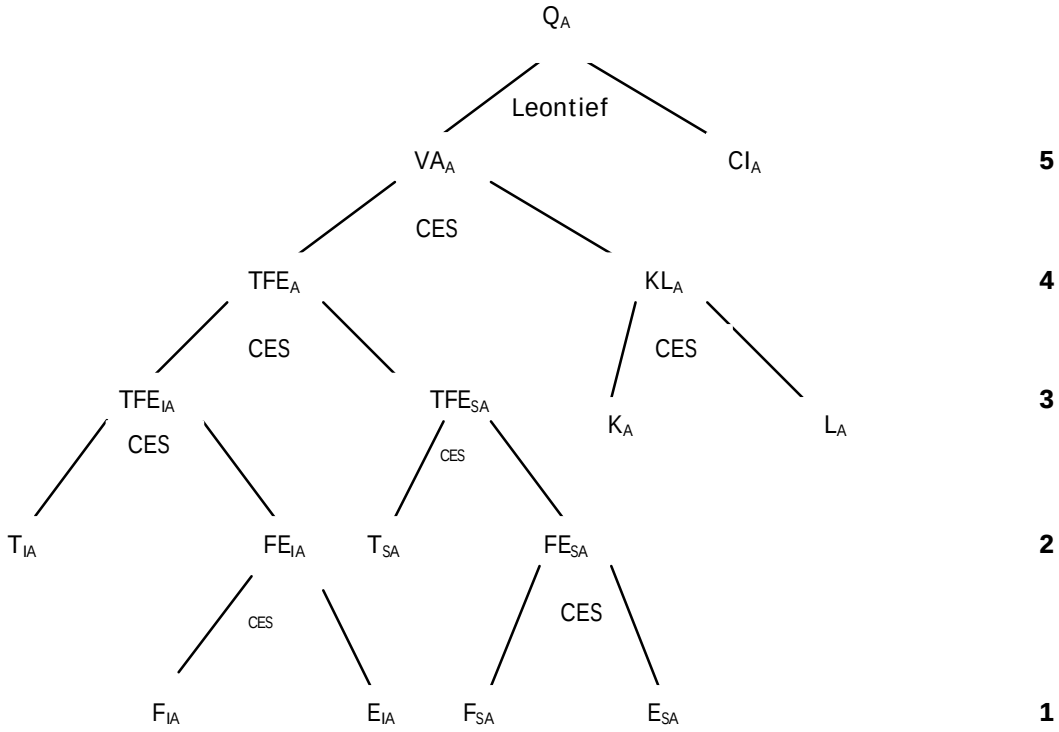
Structure arborescente de la production d'eau potable par la société distributrice à mission de service public



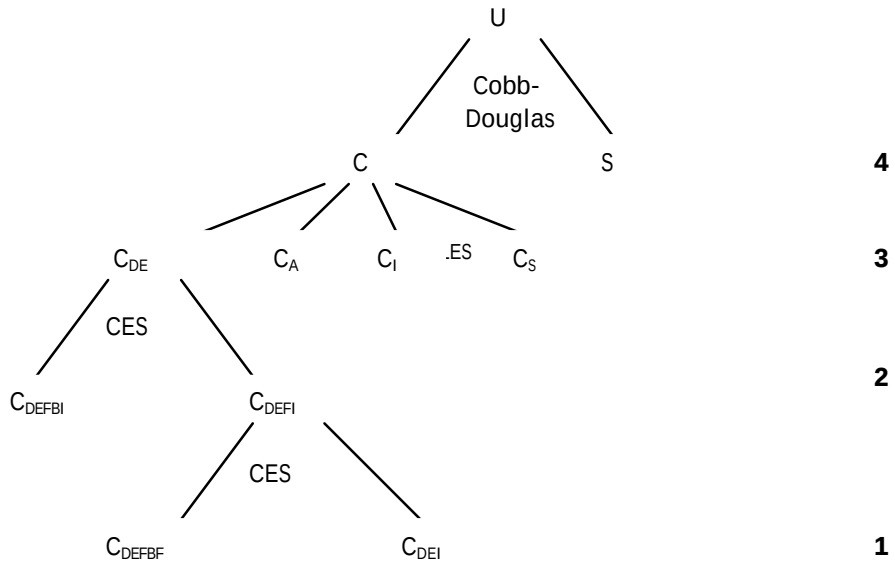
Structure arborescente de la distribution duale (formelle/informelle) d'eau potable



Structure arborescente de la production agricole



Structure arborescente de la consommation des ménages



Bibliographie

S. Ba, F-J. Cabral, F. Cissé, M. Dansokho et A. Diagne (2002), « Politiques commerciales, intégration régionale et distribution des revenus au Sénégal », CREA, MIMAP Sénégal, rapport provisoire Dakar, 13 juin.

O. Beaumais, K. Schubert (1996), « Les modèles d'équilibre général appliqués à l'environnement : développements récents », Revue d'Economie Politique, 106, mai-juin.

A. Berck, S. Robinson and G. Goldman (1991), "The use of computable general equilibrium models to assess water policies", in: Dinar and D. Zilberman (eds), "The Economic and Management of Water and Drainage in Agriculture", Boston: Kluwer Academic Publishers, in: Thabet (2003).

D. Boccanfuso, F. Cabral, F. Cissé, A. Diagne et L. Savard (2003), « Pauvreté et distribution des revenus au Sénégal : une approche par la modélisation en équilibre général micro-simulé », Working Paper 03-33, CIRPEE, août 2003.

D. Cogneau, M. Razafindrakoto et F. Roubaud (1996), « Secteur informel et ajustement au Cameroun : analyse en équilibre général calculable », Revue d'économie du développement, n° 3, septembre.

B. Collignon, B. Valfrey (1998), « Les opérateurs privés du service de l'eau dans les quartiers irréguliers des grandes métropoles et dans les petits centres en Afrique : Burkina-Faso, Cap-Vert, Haïti, Mali, Mauritanie, Sénégal », Action de Recherche n°9, Programme Alimentation en eau potable dans les quartiers périurbains et les petits centres, Rapport final, Hydroconseil, Ministère de la Coopération.

B. Collignon, M. Vézina (2000), « Les opérateurs indépendants de l'eau potable et de l'assainissement dans les villes africaines », Programme pour l'Eau et l'Assainissement, Hydroconseil.

B. Decaluwé, A. Patry et L. Savard (1999), « When Water is no Longer Heaven Sent : Comparative Pricing Analysis in an AGE Model", Cahier de recherche n° 9908, CREFA, Université Laval, Québec.

B. Decaluwé, A. Patry et L. Savard (1998), "Quand l'eau n'est pas un don du ciel: un MEGC appliqué au Maroc", Revue d'économie du développement 3-4, décembre, 149-187.

B. Decaluwé, A. Martens, L. Savard (2001), « Les politiques économiques du développement
Et les modèles d'équilibre général calculable », Les Presses de l'Université de Montréal.

A. Dinar (2000), « The political economy of water pricing reforms », Banque mondiale.

F. Dogruel, A.S. Dogruel, E. Yeldan (2003), "Macroeconomics of Turkey's agricultural reforms: an intertemporal computable general equilibrium analysis", Journal of Policy Modeling, (à paraître).

I. Goldin, D. Roland-Holst (1995), « Economic Policies for Sustainable Resource Use in Morocco", Economics of Sustainable Growth, sous la direction de I. Goldin et L.A. Winters, Cambridge University Press, Cambridge (MA), in: Thabet (2003).

S. Jaglin (2001), « L'eau potable dans les villes en développement : les modèles marchands face à la pauvreté », in : Les nouvelles politiques de l'eau : enjeux urbains, ruraux, régionaux, Revue Tiers Monde, n° 166, avril-juin 2001.

A. Morel à l'Huissier (1990), « Economie de la distribution d'eau aux populations urbaines à faible revenu dans les pays en développement », thèse de doctorat en sciences et techniques de l'environnement, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.

C. Thabet (2003), "Réforme de la politique des prix de l'eau d'irrigation en Tunisie: approche en équilibre general", Thèse de Doctorat en Sciences économiques soutenue le 30 juin 2003, ENSAER.