

« Les tarifications au coût marginal *versus* coût moyen face à des chocs climatiques au Sénégal : Un modèle dynamique d'équilibre général calculable appliqué à l'eau »

Anne Briand¹

ATER
CARE (Centre d'Analyse et de Recherche en Economie)
UFR Droit- Eco- Gestion,
3 avenue Pasteur 76186 Rouen cedex
FRANCE

Résumé : Le modèle simule sur un horizon de 20 ans, une première phase d'accroissement de la disponibilité de la ressource en eau compte tenu des politiques d'offre lancées par le gouvernement sénégalais, et, une seconde phase marquée par l'apparition de déficits hydriques au regard de l'évolution de la demande (croissance démographique). Les résultats obtenus montrent que la mise en place d'une tarification au coût marginal, couplée à une subvention de l'Etat assurant la survie du secteur de production d'eau, permet à long terme d'amortir le choc de pénurie de la ressource puisque le PIB, l'investissement et le bien-être s'accroissent, le chômage baisse, et les secteurs du riz pluvial, du maraîchage et de la distribution d'eau potable se développent malgré tout. Tandis qu'en maintenant sa politique actuelle de tarification au coût moyen (visant l'équilibre budgétaire du secteur) l'économie de long terme tombe en récession avec un fort recul de la production agricole, une forte dégradation du bien-être et une hausse du chômage. Ceci remet en question le tarif de base (coût moyen) sur lequel repose la structure tarifaire progressive de l'eau adopté au Sénégal.

Classification JEL: C68, O13

Mots clés : Modèle d'Equilibre Général Calculable, dynamique, eau, tarification, Afrique subsaharienne

¹ Je remercie tout particulièrement le professeur Olivier Beaumais pour ses remarques constructives ainsi que le professeur Bernard Decaluwé pour ses commentaires très précieux lors de mon séjour de recherche au CIRPEE (Université Laval, Québec).
Anne.Briand@univ-rouen.fr

L'eau est devenue une ressource naturelle rare dans la plupart des pays du monde, notamment dans les régions d'Afrique subsaharienne dont le Sénégal. Avec une forte croissance de la demande, les gouvernements ont d'abord tenté de faire face à la rareté en s'engageant dans de nombreux programmes d'investissements pour accroître les capacités de production. Mais progressivement, l'idée d'une rationalisation de l'utilisation de la ressource par une meilleure gestion de la demande s'est développée. Des politiques de gestion de la demande se combinent alors à celles de l'offre. C'est pourquoi on observe une augmentation du prix de l'eau potable dans la plupart des pays même ceux en développement sous l'égide des bailleurs de fonds. Cette hausse interroge sur ses conséquences sur les différents secteurs notamment agricoles qui emploient une partie importante de la population active. Elle interroge aussi sur l'accès à l'eau potable des ménages les plus pauvres. Toute nouvelle politique tarifaire doit alors être étudiée en tenant compte des répercussions directes et indirectes qu'elle implique sur l'ensemble de l'économie, les différents secteurs utilisateurs de la ressource (agricoles, industriels et services), les revenus des ménages et le bien-être total.

Pour capter tous les effets de rétroaction de la ressource et de la politique de tarification de l'eau sur le long terme, nous proposons un modèle dynamique d'équilibre général calculable prenant en compte les évolutions de long terme de la disponibilité de la ressource (l'offre) au regard de la croissance démographique (la demande).

Plus précisément nous simulons, sur un horizon de 20 ans, une première phase d'accroissement de la disponibilité de la ressource permise par les politiques d'offre lancées par le gouvernement sénégalais, et, une seconde phase marquée par l'apparition de déficits hydriques au regard de l'évolution de la demande (croissance démographique), conformément aux projections ressortant d'une étude (Management system consultants corp, 1998). Ce *scenario* est alors combiné à deux types de politiques tarifaires de gestion de la demande : tarification au coût moyen (politique actuelle) *versus* tarification au coût marginal. Le modèle montre comment l'économie soumise à des risques futurs de pénuries d'eau, amortit le choc à long terme selon qu'elle maintient sa politique actuelle de tarification au coût moyen (équilibre budgétaire du secteur) ou qu'elle instaure une tarification au coût marginal (*via* l'octroi d'une subvention de l'Etat pour la survie du secteur). Plus précisément, il décrit les mécanismes par lesquels l'évolution des différents prix de l'eau (branchement privé, borne-fontaine et informel) affecte d'une part, les secteurs utilisateurs de la ressource (agricoles, industriels et services) et d'autre part, les ménages (Dakar, autres centres urbains et ruraux). Il met en évidence les effets de substitution entre les différents modes d'approvisionnement en eau potable. Enfin, le modèle évalue les impacts à court et à plus long terme sur la production (notamment agricole), le chômage, l'investissement et le bien être total de chacune de ces tarifications.

La première section de l'article présente l'évolution de long terme de l'offre et de la demande d'eau potable au Sénégal, la seconde décrit la politique tarifaire de gestion de la demande adoptée par le gouvernement et la troisième justifie les *scenarii* de tarification de l'eau simulés par le modèle EGC. Après une brève revue de la littérature fournie par la quatrième section, une cinquième section présente la méthodologie (Matrice de Comptabilité Sociale) et une sixième le modèle. Enfin, la dernière section présente les résultats des chocs climatiques combinés aux deux types de politique de gestion de la demande et de la rareté (tarification au coût moyen *versus* tarification au coût marginal).

1. L'évolution de long terme de l'offre et de la demande d'eau potable au Sénégal

En septembre 2000, le Sénégal a adhéré aux objectifs de la Déclaration International du Millénaire. Parmi ses objectifs figurent l'accès aux services sociaux de base et notamment, à l'eau potable et le renversement des tendances à la dégradation de l'environnement dont les ressources en eau. Un des objectifs importants est de réduire de moitié la population n'ayant pas accès à un point de distribution d'eau potable à l'horizon 2015. En effet, le rapport de suivi d'exécution réalisé par le PNUD en 2001 constatait que 73% de la population avait accès à l'eau potable mais que de fortes disparités géographiques persistaient. L'objectif de 35litres/habitant/jour visé en 2000 n'avait pas été atteint. Le Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté (2003-2005) renforce cette volonté d'accroissement de la qualité de la fourniture du service d'eau potable aux ménages. Enfin, la Lettre de politique sectorielle (actualisée en 2003) poursuit et valide les objectifs du DSRP en mettant l'accent sur la mise en œuvre d'un important programme d'investissements à travers le « Projet Sectoriel Eau » (PSE). Celui-ci vise à accroître la disponibilité de l'eau potable et à améliorer le service rendu aux usagers.

1.1 La politique d'accroissement de l'offre

Le PSE a été élaboré en 1996 pour prendre la suite d'un premier programme de renforcement de la capacité de production de Dakar et de onze centres urbains, achevé en 1993. Les objectifs de ce plan ont consisté à améliorer la gestion et le recouvrement des coûts pour réduire les subventions, à accroître l'accès à l'eau potable, à faire participer le secteur privé à la gestion du service urbain de l'eau potable. La stratégie de mise en œuvre visait à promouvoir une gestion intégrée de la ressource en eau en permettant de mieux coordonner les projets d'investissements, de renforcer la capacité de réalisation des investissements et à accroître la capacité de production de 34% (271 000m³/j). Les investissements de l'ordre de 119 milliards FCFA ont été financés par une dizaine de bailleurs de fonds (au 31 août 2003). 75% de ces investissements ont été mobilisés pour l'extension des capacités de production et 25% pour la réhabilitation, le renforcement et l'extension des réseaux de distribution (1 100km) et des branchements (60 000, dont 14 000 réhabilités).

Depuis 2003, un nouveau programme d'investissement, le Plan Sectoriel Eau à Long Terme (PLT) est en cours d'exécution. Il s'inscrit dans la stratégie développée pour la réalisation du plan précédent, à savoir la satisfaction des besoins en eau potable en recherchant une autonomie financière du secteur aussi bien au niveau de l'exploitation que de l'investissement. Ce plan prévoit des investissements de l'ordre de 116 milliards FCFA sur une période de 5 ans pour le renforcement de la capacité de production. En effet dans le cadre du PLT, le projet KMS aboutira, en deux phases, à donner une capacité de traitement de 130 000m³/jour, une première tranche permettant le traitement, dès 2003, de 65 000 m³/jour et une seconde tranche le traitement, à partir de 2007, de 65 000 m³/jour supplémentaires.

1.2 L'apparition de déficits face à l'évolution de la demande de long terme

Malgré tous les investissements engagés pour le renforcement de la capacité de production de l'eau potable, il faut tenir compte de la disponibilité de la ressource (eaux souterraine et superficielle) et de l'évolution de la demande compte tenu des prévisions d'accroissement démographique.

Ces différents éléments ont fait l'objet d'études (Management system consultants corp, 1998). Les prévisions concernant la demande de long terme sont résumées dans les tableaux suivants.

1.2.1 L'évolution de long terme de la demande

Etude de la demande en eau pour Dakar - hypothèses

croissance	1996	2000	2010	2020	2030
------------	------	------	------	------	------

Démographie

	croissance	1996	2000	2010	2020	2030
Population hypothèse basse	2,0%	1 917 100	2 132 000	2 696 000	3 220 000	3 674 000
Population hypothèse moyenne	2,4%	1 917 100	2 161 000	2 832 000	3 570 000	4 335 000
Population hypothèse haute	2,8%	1 917 100	2 190 000	2 969 000	3 869 000	4 880 000

Source : Management system consultants corp, 1998

Taux de desserte en 1996 et en 2030 en % de la population totale

Hypothèses	1996	Basse	Moyenne	Haute
Branchements	65%	70%	80%	85%
Bornes fontaines	26%	20%	15%	10%
Autres	9%	10%	5%	5%

Source : Management system consultants corp, 1998

Consommations domestiques unitaires en 1996 et en 2030 en litres/jour/habitant

Hypothèses	1996	Basse	Moyenne	Haute
Branchements	50	45,2	71,2	123,1
Bornes fontaines	20	18,1	28,5	35
Autres	11	9,9	15,7	27,1
Ensemble	39	36,2	62	109,5

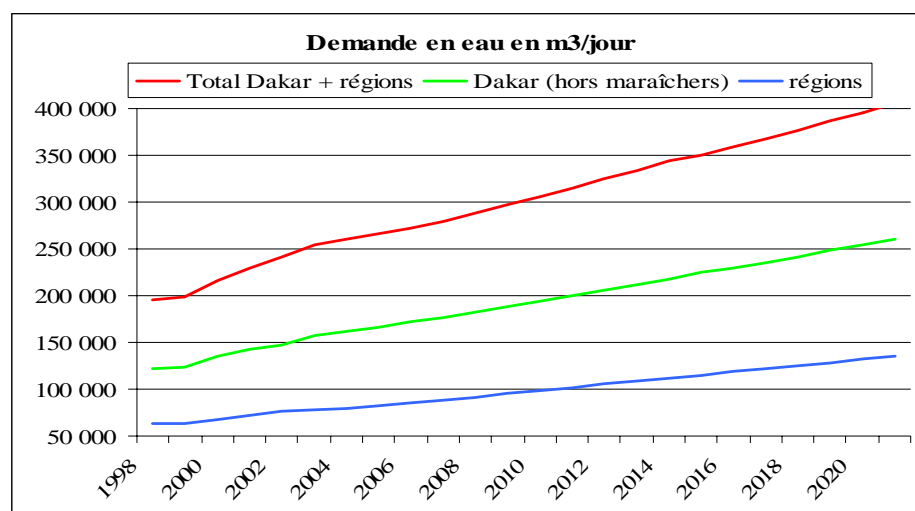
Source : Management system consultants corp, 1998

Demande en eau non domestique en mètres cubes par jour en 1996 et 2030

Hypothèses	1996	Basse	Moyenne	Haute
Industriel	16 700	37 000	74 300	125 100
Commercial	8 000	15 600	30 900	57 900
Administrations/ municipaux	24 400	28 600	38 300	55 000
Total hors irrigation	49 100	81 200	143 500	238 000

Source : Management system consultants corp, 1998

On peut résumer l'évolution de la demande en eau dans la graphique suivant :



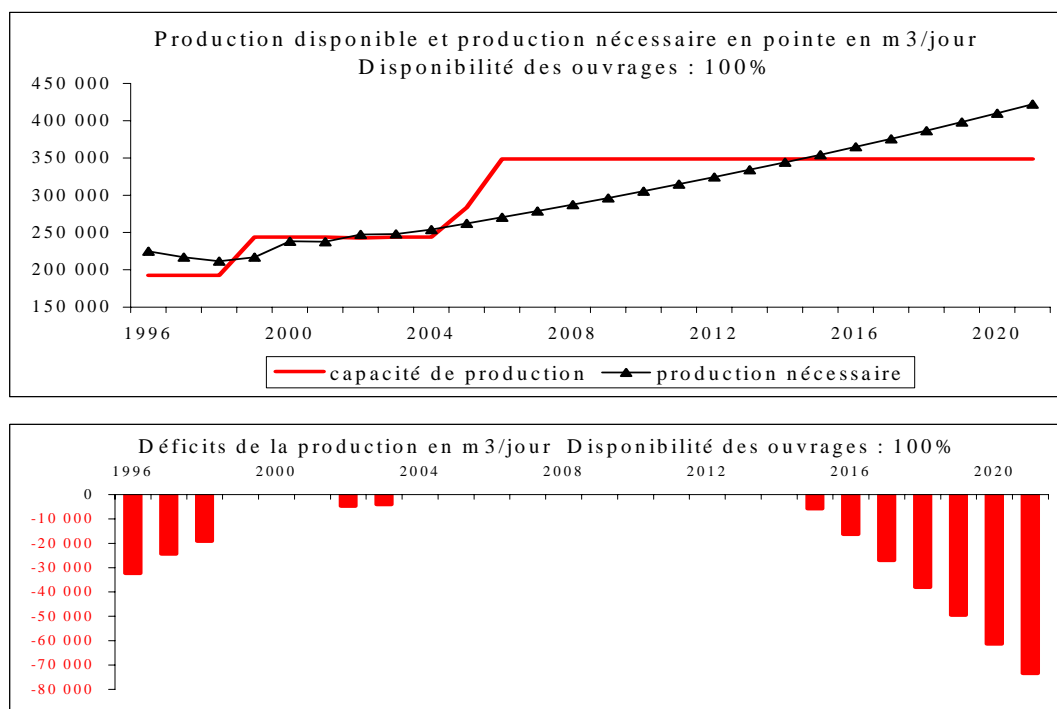
Source : Management system consultants corp, 1998

La question qui se pose est celle de l'équilibre de long terme entre la demande en eau et les ressources disponibles. L'étude réalisée (Management system consultants corp, 1998) aboutit à des prévisions intéressantes en termes de pénuries futures. Les hypothèses sous-jacentes aux résultats sont les suivantes :

- 1) Une disponibilité des ouvrages de production de 100%
- 2) Des prélèvements des maraîchers de 14 000 m³/jour
- 3) Un rendement de facturation de Dakar de 79% en 2003, 80,5% en 2004 et 81,5% au-delà
- 4) L'hypothèse moyenne d'évolution de la demande en eau
- 5) L'utilisation prioritaire des ouvrages de production d'eau de surface

1.2.2 L'apparition de déficits hydriques futurs

Dès 2006, les prélèvements annuels d'eaux souterraines sont réduits au tiers environ des prélèvements actuels (173 000 m³/jour en 2002 et 50 000 m³/jour en 2006) en contrepartie d'une hausse de l'utilisation des eaux de surface. Ils augmenteront ensuite progressivement pour satisfaire à la demande en eau jusqu'à atteindre le prélèvement maximal fixé. Ce prélèvement maximal, qui sera atteint en 2015, reste inférieur de 31% environ au prélèvement moyen annuel de l'année 2002 (173 000 m³/jour en 2002 et 117 000 m³/jour en 2015). Ainsi, ces évolutions aboutissent aux résultats suivants en terme d'équilibre de long terme entre l'offre et la demande d'eau :



Source : Management system consultants corp, 1998

On observe clairement l'apparition de pénuries d'eau pour répondre à l'évolution dynamique de la demande croissante, notamment à partir de 2015. Ceci signifie que de nouvelles ressources devront être mobilisées. Le ministère prévoit qu'elles pourraient provenir de sites non exploités à ce jour : le Lac de Guiers, la zone Est de l'aquifère du Maastrichtien, de l'eau de mer au moyen d'une usine de dessalement, etc.

2. Vers une politique de gestion de la demande

Malgré les programmes d'investissements actuels visant à accroître les capacités de stockage, les études prévoient un déséquilibre entre l'offre et la demande de long terme. C'est pourquoi, face à cette politique d'accroissement de l'offre, le gouvernement, suite à la privatisation du secteur (1996) a progressivement mis en place une politique de gestion de la demande. Mais celle-ci reste difficile à mettre en place car elle implique souvent une augmentation du prix de l'eau, impopulaire pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le Sénégal s'est engagé parallèlement dans un programme de lutte contre la pauvreté. Ce programme s'est accompagné de la mise en place d'une structure tarifaire progressive. La plupart des pays en développement utilisent une tarification progressive de l'eau qui dépend du volume de consommation de l'eau potable. Ceci se justifie par la volonté de poursuivre un objectif social, celui de l'accès pour tous à l'eau potable.

Les objectifs poursuivis par le gouvernement sénégalais à travers sa politique tarifaire de l'eau sont les suivants :

- Faciliter l'atteinte des objectifs d'équilibre financier définis ;
- Permettre aux ménages les plus défavorisés de consommer un nombre limité de mètres cubes d'eau dans de bonnes conditions d'hygiène en leur donnant accès aux branchements particuliers grâce notamment, au maintien d'un tarif de tranche sociale bas ;
- Ne pas handicaper l'économie du pays en faisant supporter aux entreprises l'essentiel de l'augmentation tarifaire nécessaire ;
- Simplifier le tarif et le rendre plus lisible pour les consommateurs ;
- Particulièrement dans un contexte de rareté de la ressource en eau, inciter le consommateur à surveiller le niveau de sa consommation.

Nous présentons ici les résultats d'un premier bilan de la politique de tarification qui a été mise en place suite à la privatisation du secteur (1996). Ce bilan s'établit en 2003, date à laquelle le Plan Sectoriel Eau prend fin.

2.1 L'objectif du tarif moyen pour l'eau

L'objectif tarifaire défini par la SONES suite à la privatisation a été celui de l'atteinte en 2003 de l'équilibre de trésorerie hors Projet Long Terme. Les prévisions financières réalisées par le ministère de l'hydraulique ont montré que cet objectif serait atteint moyennant une augmentation annuelle du tarif moyen eau 1998 de 2,72% à 2,96% en monnaie courante. Le tableau ci-après présente le tarif moyen cible de l'eau sur la période 1999-2003 en FCFA courants par mètre cube et hors taxes.

Objectif de tarif moyen pour l'eau (FCFA courants HT)

Tarif moyen 1998	Tarif moyen cible HT (FCFA) hors marchés				
	1999	2000	2001	2002	2003
372,26	383,28	394,62	406,3	418,33	430,71

Source : Castalia, 2002.

2.2 La structure de la tarification progressive de l'eau

La structure tarifaire proposée suite à la privatisation du secteur est la suivante :

- Réduction à trois du nombre de catégories de consommateurs hors maraîchers : bornes-fontaines, abonnés domestiques, abonnés non domestiques (ou catégorie à tranche unique) ;
- Suppression des tranches dans la catégorie non domestique ;
- Maintien de trois tranches de consommation pour les abonnés domestiques, avec une troisième tranche démarrant à 40 m³/bimestre. Ce seuil de 40 mètres cubes par bimestre a été déterminé notamment de manière à ce que les consommations de cette tranche ne soient pas négligeables : elles devraient représenter environ 20% des consommations des abonnés domestiques.

Cette structure tarifaire mise en place l'a été dans l'idée de permettre une meilleure connaissance de la structure de la consommation et de faciliter les prévisions budgétaires en ce qui concerne les produits à attendre du tarif de l'eau. Elle prévoit l'exonération de TVA pour la tranche sociale du tarif social. Elle a été définie en fonction du « tarif moyen cible » qui correspond à l'objectif tarifaire à atteindre en 2003. Ce dernier a été déterminé en augmentant de 2,96% annuellement en monnaie courante le tarif moyen hors maraîchers de 1998.

Le tableau ci-après présente, en FCFA courants HT, le projet de grille tarifaire eau potable (avec une structure progressive pour les abonnés domestiques) qui a été adopté en 1998, dont la tranche sociale est exonérée de TVA.

Grille tarifaire eau (en FCFA courants HT)

Grille eau (FCFA/m ³)	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Bornes-fontaines			196,00	196,00	196,00	196,00	196,00
Abonnés domestiques							
-Tranche sociale (20 m ³ /bim)			157,51	170,28	177,34	184,69	192,34
-Tranche intermed (20-40 m ³)			508,46	468,14	480,19	490,43	499,65
-Tranche pleine (+40 m ³)			589,40	618,98	642,88	663,44	682,15
Abonnés non domestiques			508,46	533,98	547,72	559,40	569,92
Tarif moyen	352,73	372,26	383,28	394,62	406,30	418,33	430,71
Tarif moyen cible			383,28	394,62	406,30	418,33	430,71

Source : Castalia, 2002.

2.3 Quel bilan de la politique tarifaire « progressive » de l'eau ?

Jusqu'à ce jour, on peut dire que les politiques à objectif « social » de l'eau fondées sur une structure tarifaire progressive (avec tranche sociale) n'ont pas véritablement permis aux populations à faible revenu de bénéficier massivement ni durablement du niveau de service d'eau à domicile. Ces instruments se sont plutôt révélés inefficaces en Afrique subsaharienne, ou parfois même ont généré un résultat inverse à l'objectif poursuivi (Whittington, 1992 ; Morel à l'huissier, 1990). C'est pourquoi, nous nous posons la question du bien fondé de cette politique tarifaire progressive telle qu'elle existe aujourd'hui. En effet, dans ce mode de tarification, la première tranche qualifiée de « sociale » est prétendument conçue de façon à subventionner la consommation des ménages les plus pauvres par celle des plus riches. Ce principe repose sur la corrélation habituellement observée entre niveaux de consommation et de revenus. Malheureusement, des exemples empiriques (Collignon, Valfrey 1998) montrent que des effets indirects participent à une redistribution inverse des revenus des plus pauvres aux plus riches, contrairement à l'objectif poursuivi. Une enquête de terrain que nous avons réalisée (Diagne, Briand, Cabral, 2004) dans les quartiers denses de Dakar montre qu'il est fréquent que plusieurs

ménages résidant au sein d'une même cour partagent un robinet commun et se répartissent le montant de la facture. Le tarif progressif a alors comme conséquence que ces ménages payent l'eau plus chère qu'un ménage favorisé disposant de son propre branchement.

La structure progressive de la tarification de l'eau potable ne suffit pas à lutter contre la pauvreté. Peut être parce que la question préalable qui doit se poser est celle du tarif de base (cible) sur lequel elle repose. Plus précisément, le problème n'émanerait-il pas du choix d'un tarif cible au coût moyen ? En effet, le prix moyen cible qui a été défini (1996) puis progressivement atteint (2003) apparaît élevé au regard des autres pays. Il est proche de celui rencontré dans les autres pays européens. Un tel tarif moyen est d'ailleurs rarement rencontré en Afrique de l'Ouest (Castalia, 2002). Le passage à un tarif cible au coût marginal, qui signifierait une baisse du prix, ne permettrait-il pas d'accroître l'accès à l'eau potable et le bien être des ménages ?

C'est pourquoi bien que la question du choix de la structure tarifaire progressive soit importante en terme de redistribution des revenus, nous nous concentrons dans ce papier sur celle du choix du tarif de base sur lequel cette structure est définie (coût moyen *versus* coût marginal). Nos résultats se concentrent sur les impacts sectoriels et macroéconomiques ainsi que sur le bien être des ménages.

3. Les *scenarii* de tarification de l'eau du modèle EGC : coût moyen *versus* coût marginal

Le secteur de l'eau est caractérisé par l'existence d'économies d'échelle. Il s'agit d'une activité à rendements d'échelle croissants, cas particulier du monopole naturel. La théorie économique nous enseigne que dans le cas d'un monopole qui produit un seul type de bien, les rendements d'échelle croissants impliquent que le coût moyen à long terme est décroissant (économies d'échelle). Ainsi, le coût marginal est toujours inférieur au coût moyen. La tarification optimale qui égalise le prix et le coût marginal conduit alors inéluctablement à un déficit du monopole. Celui-ci doit être comblé par des subventions financées le plus souvent par l'impôt. Mais ces subventions visant à résorber le déficit d'un monopole public sont souvent mal perçues, même si ce déficit est justifié par le critère d'optimalité collective que représente la tarification au coût marginal. De plus, le prélèvement fiscal qui permet de les financer peut avoir des conséquences dommageables sur le plan de l'équité ou conduire à modifier le comportement des ménages dans un sens non souhaitable (par exemple lorsqu'on modifie les taux de taxes indirectes). C'est la raison pour laquelle on considère souvent plus raisonnable d'astreindre le monopole public au respect d'une contrainte d'équilibre budgétaire : financer les coûts de production par des recettes au moins équivalentes. On a vu précédemment que la politique tarifaire définie au Sénégal prend clairement acte de cet objectif d'équilibre budgétaire du secteur. C'est pourquoi, on considère dans le modèle EGC que la tarification de l'eau à l'année de base est une tarification au coût moyen (équilibre budgétaire du secteur de production d'eau potable).

Mais comme il est connu dans la littérature, dans une économie stylisée (sans fiscalité préexistante), la tarification au coût marginal est le principe économique simple qui permet d'assurer une allocation optimale de la ressource entre tous les utilisateurs. La tarification au coût marginal fait disparaître la perte sociale générée par une tarification au coût moyen et maximise le bien être. Nous souhaitons simuler ce *scenario* de tarification de l'eau dans le modèle EGC. Pour assurer la survie du secteur, nous considérons alors que cette tarification de l'eau s'accompagne du versement par l'Etat d'une subvention à la société de production d'eau potable afin de financer son déficit. Mais compte tenu de la fiscalité pré-existante dans le modèle EGC, nous n'introduisons pas de nouvelle taxe pour financer cette subvention.

La question cruciale que nous nous posons est celle des effets en équilibre général (en présence d'une fiscalité discordante) de ces deux types de tarification de l'eau (coût moyen *versus* coût marginal). La première permet l'équilibre budgétaire du secteur sans intervention de l'Etat *via* une subvention source potentielle de distorsions. Mais la seconde permet de maximiser le bien être total de l'économie.

Nous proposons une comparaison de ces deux politiques tarifaires de l'eau dans un modèle dynamique séquentiel EGC (avec une fiscalité pré-existante) compte tenu de l'évolution de la rareté de la ressource et de l'augmentation de la demande en eau (croissance démographique). On s'interroge sur leur impact réallocatif et redistributif dans la réalité sénégalaise. Laquelle de ces deux politiques est la plus favorable à l'accès à l'eau potable pour tous, à la lutte contre l'insécurité alimentaire (par une croissance de la production agricole), au respect d'un maintien à long terme des ressources en eau (dans une optique de développement durable) ? Enfin laquelle génère le plus de bien-être aux ménages et à l'ensemble de l'économie ?

4. Revue de la littérature

La question de gestion de l'eau dans les modèles EGC est peu étudiée par la littérature économique. Un premier modèle a été présenté par Berck, Robinson et Goldman (1991). Il a été élaboré pour évaluer les politiques d'investissement favorisant la distribution de l'eau dans la région de San Joaquin en Californie. Ce modèle qui a quatorze secteurs, dont six sont des secteurs agricoles, a été construit afin d'analyser l'impact d'une variation du stock d'eau sur l'économie. Dans le modèle, les auteurs traitent l'eau comme un stock exogène, et le seul secteur consommant la ressource est le secteur agricole. Les résultats indiquent une modification dans la structure de la production, soit une substitution de l'agriculture vers l'élevage ainsi qu'une baisse du PIB, de l'emploi agricole et des revenus agricoles, lorsque la quantité d'eau disponible diminue.

La deuxième étude est celle de Goldin et Roland-Holst (1995). Les auteurs examinent les relations entre les politiques de gestion de l'eau et le commerce extérieur au Maroc à l'aide d'un modèle EGC comportant quatre secteurs dont deux sont des branches agricoles. Les deux secteurs agricoles se différencient selon la région en distinguant une zone aride et une zone humide. Les auteurs examinent trois simulations : une augmentation des prix de l'eau destinée à l'agriculteur, une élimination des tarifs à l'importation et la troisième est une combinaison des deux *scenarii* précédents. Dans la première simulation, le PIB, le revenu et la consommation des ménages ainsi que la quantité d'eau utilisée diminuent, tandis que dans la deuxième simulation l'inverse se produit. Dans la dernière simulation, les auteurs constatent une diminution de la quantité d'eau utilisée ainsi qu'une augmentation dans le PIB, le revenu et la consommation des ménages. Malgré des résultats intéressants, les auteurs imposent des hypothèses contraignantes à leur modèle. Ils utilisent une fonction de production agricole très restrictive puisqu'elle ne permet aucune substitution entre le facteur eau et les consommations intermédiaires. Une modification du coût de l'eau d'irrigation n'affecte donc pas les décisions de consommation des agriculteurs. Mais à l'instar de Berck *et al*, l'eau n'est pas produite, la quantité d'eau disponible est fixe. Finalement, l'eau n'est pas une composante du panier de consommation des ménages. N'étant pas des consommateurs d'eau, les ménages ne sont donc pas en concurrence avec les agriculteurs pour sa consommation.

Une troisième étude est celle de Decaluwé, Patry et Savard (1999). Les auteurs, à l'aide d'un modèle EGC étudient l'impact sur l'économie marocaine de la mise en place de trois régimes différents de tarification de l'eau (une augmentation arbitraire du prix de l'eau de 10%, tarification au coût marginal et tarification Ramsey-Boiteux). Le modèle, baptisé AQUAM, modélise

explicitement la production d'eau potable avec différentes technologies de production selon que l'eau est extraite des barrages ou des nappes souterraines (fonction de Weibull). AQUAM donne une vision plus complète de la réalité marocaine que le modèle EGC de Goldin et Roland-Holst (1995) puisque l'eau est consommée à la fois par les agriculteurs mais aussi par les industries et les ménages. Les auteurs, à travers la fonction de Weibull, élaborent une technologie de production d'eau sophistiquée rendant compte de l'exploitation des eaux souterraines mais ne se concentrent pas sur les caractéristiques spécifiques de la structure de marché de ce secteur (monopole naturel à rendements d'échelle croissants). Cependant, le modèle rend compte du conflit entre les différents usages de l'eau (domestique, agricole et industriel) qui apparaissent notamment suite aux chocs de tarification qu'ils opèrent. Leur étude montre que la tarification Ramsey-Boiteux a l'impact le plus favorable sur la conservation de l'eau au Maroc. Cependant, la variation équivalente qu'elle entraîne est de loin inférieure à celle induite par la tarification au coût marginal, le prix Ramsey-Boiteux de l'eau à usage domestique étant significativement supérieur au prix de la tarification au coût marginal dans le nord du pays où réside la majorité de la population. En outre, la tarification Ramsey-Boiteux a un effet particulièrement dépressif sur la production agricole qui se traduit par une forte diminution des exportations du secteur, dont les agrumes.

Une quatrième étude qui a porté sur la question de la tarification de l'eau est celle de C. Thabet (2003). Il a construit un modèle EGC appliqué au secteur agricole tunisien pour tester deux grands types de *scenarii*. Le premier comporte trois simulations : une tarification uniforme de l'eau, une augmentation des besoins non agricoles en eau de 30% et une combinaison des deux premières. Le deuxième type de *scenario* consiste à comparer l'efficacité et l'équité de méthodes alternatives de second rang de tarification de l'eau d'irrigation. Il s'agit d'une tarification au coût moyen, binôme « classique » composée d'un tarif proportionnel à la consommation volumétrique en eau et d'un abonnement fixe, et binôme « personnalisée » où la partie fixe du tarif est appliquée sur la terre irriguée. Les résultats montrent qu'une tarification binôme personnalisée de l'eau d'irrigation a des effets positifs sur le bien être des ménages urbains et des effets négatifs sur celui des ménages ruraux, alors que les deux autres modes de tarification présentent des impacts négatifs aussi bien sur le bien être des ménages ruraux qu'urbains. Concernant la gestion de l'eau d'irrigation, la tarification binôme personnalisée apparaît l'instrument le plus adapté si le gouvernement a pour objectif de faire contribuer les agriculteurs au financement de l'infrastructure hydraulique sans entraver l'irrigation, ni affecter la balance commerciale agricole et alimentaire. Cependant, si l'objectif d'économie d'eau est primordial, la tarification au coût moyen semble être la plus appropriée.

La plupart des études qui ont porté sur la question de la tarification de l'eau se sont concentrées principalement sur celle de l'eau à usage agricole puisque c'est celle-ci qui a le plus souvent été dénoncée comme étant sous tarifiée. De plus, il ne s'agit que de modèles statiques ne prenant pas en compte les économies d'échelle du secteur de production d'eau potable.

C'est pourquoi, nous proposons la construction d'un modèle dynamique séquentiel en concurrence imparfaite (modélisation du monopole naturel) avec chômage. Ainsi, sur une économie soumise à des risques futurs de déficits hydriques, le modèle montre comment les politiques tarifaires de gestion de la demande, affectent l'économie sénégalaise à court et à plus long terme. Plus précisément, il décrit les mécanismes par lesquels l'évolution des différents prix de l'eau (branchement privé, borne-fontaine et informel) affecte d'une part, les secteurs utilisateurs de la ressource (agricoles, industriels et services) et d'autre part, les ménages (Dakar, autres centres urbains et ruraux). Il met en évidence la nouvelle répartition de la ressource entre les différents usages et plus particulièrement, les effets de substitution entre les différents modes d'approvisionnement en eau potable à usage intermédiaire ou final, par branche et par ménage.

Enfin, il évalue les impacts à court et à plus long terme sur l'emploi, le chômage, l'investissement et le bien être total des tarifications au coût moyen *versus* coût marginal.

5. La Matrice de Comptabilité Sociale du Sénégal (MCS, 1996)

Le calibrage du modèle d'équilibre général calculable nécessite la construction d'une matrice de comptabilité sociale (MCS) de l'économie sénégalaise. Celle-ci permet de décrire la structure de l'économie en illustrant l'ensemble des interdépendances entre les différents secteurs productifs et les agents (ménages, Etat et Reste du Monde).

Nous considérons que la ressource brute, le facteur eau primaire est détenue par l'Etat qui fournit le secteur du riz irrigué et de la production d'eau potable. Ce dernier combine cette ressource au travail et capital pour produire une eau de qualité supérieure, l'eau potable. Cette dernière est alors distribuée par trois canaux (branchement privé, borne-fontaine et informel) pour être consommée soit en tant qu'intrant par les autres secteurs (agricoles, industriels et services) soit en tant que bien final par les ménages.

La MCS à quinze comptes de l'année 1996 constitue la base de données du modèle. Elle est une version à la fois agrégée et désagrégée des MCS construites par Dansokho, Diouf (1999) et Cabral (2005). Les données macroéconomiques produites par la Direction de la Prévision et de la Statistique, proviennent du tableau entrée-sortie (TES), du tableau équilibre ressources-emplois par produits (TERE) de l'année 1996. Les informations sur les revenus et la consommation sont issues de l'Enquête sénégalaise auprès des ménages (ESAM², 1995). Les données sur l'eau proviennent de la SONES, de la SDE et de la Direction de l'hydraulique (2003 et 2004). Enfin, la désagrégation du poste énergie en électricité-gaz, production d'eau potable, distribution formelle d'eau potable *via* le branchement privé, distribution formelle d'eau potable *via* la borne-fontaine et distribution informelle d'eau potable, émane de données issues de plusieurs enquêtes de terrain menées au Sénégal et à Dakar (Hydroconseil, 1998 ; Diagne, Briand, Cabral, 2004).

La structure de la MCS se compose de quinze branches d'activités. Elle se concentre sur les secteurs utilisateurs de la ressource en eau. Compte tenu du choix d'un critère d'intensité en eau (voir annexe A1.3), elle distingue les secteurs agricoles intensifs en eau tels que le riz irrigué, le riz pluvial, le maraîchage, la pêche, des secteurs agricoles non intensifs en eau. Elle comporte un secteur de production d'eau potable à mission de service public (SONES). Plus encore, compte tenu de l'importance des opérateurs informels, elle intègre trois secteurs de distribution d'eau potable (branchement privé SDE, borne-fontaine SDE et charretiers informels). Enfin, elle distingue les industries et services marchands intensifs en eau c'est-à-dire, fortement consommateurs de la ressource en tant qu'intrant de production, des industries et services marchands non intensifs en eau. Le dernier secteur est celui des services non marchands.

On distingue quatre facteurs de production : le travail, le capital, la terre et l'eau primaire.

La MCS comporte huit catégories de ménages selon leur zone géographique au Sénégal et, selon l'offre d'eau potable dont ils bénéficient: Dakar, les Autres Centres Urbains (ACU), le Bassin arachidier (BA), Niayes (NIAY), la Casamance (CASA), la Zone sylvo-pastorale (ZSP), le Sénégal oriental (SO), et le Fleuve Hors Delta (FLEUV). Six catégories de ménages ruraux sont distinguées selon les zones agroécologiques du Sénégal. Cet éclatement se justifie d'une part, par le fait que les zones rurales sont marquées par de fortes disparités en termes de potentialités agroclimatiques, d'infrastructures, de pratiques culturelles, d'intensité dans l'utilisation des facteurs de production et en termes de sources de revenus des ménages (Cabral, 2005) et d'autre part, par la structure de consommation d'eau potable différente selon les régions.

Les autres agents pris en compte sont les firmes, l'Etat et le Reste du Monde.

² ESAM : Enquête Sénégalaise Auprès des Ménages, 1995.

Les tableaux présentés en annexe 1 permettent de synthétiser les éléments importants de la structure de la MCS à la situation de référence et de comprendre par la suite, les évolutions des différentes variables suite aux chocs tarifaires que nous effectuons. Notamment, le poids de chacun des secteurs dans la valeur ajoutée de l'économie, la part des facteurs de production dans chacun des secteurs, et l'intensité en eau des différents secteurs de la MCS sont des informations précieuses pour les justifications des résultats. Il en est de même pour la structure des revenus et des dépenses par catégorie de ménages.

6. Le modèle

Le modèle s'inspire du modèle statique néoclassique EXTER développé par Decaluwé, Martens et Savard (2001) mais diffère de celui-ci sur de nombreux aspects. Tout d'abord, le modèle comporte quatre facteurs de production (travail, capital, terre et eau primaire) contrairement à EXTER qui en compte deux (travail et capital). La typologie des ménages diffère. Le modèle intègre une fonction linéaire des dépenses (LES) avec un panier minimal de consommation pour chaque catégorie de ménages, alors que dans EXTER la consommation est une proportion fixe du revenu disponible. Les transferts inter ménages et entre ces derniers et le Reste du monde sont explicitement pris en compte. Compte tenu des caractéristiques du secteur de production d'eau potable, nous modélisons un monopole naturel à rendements d'échelle croissants. Nous introduisons un salaire d'efficacité et une fonction de chômage. Enfin, il s'agit d'un modèle dynamique séquentiel.

Le modèle comporte huit blocs d'équations (voir annexe 2) : la production d'eau potable à rendements d'échelle croissants, la production des autres secteurs (en concurrence pure et parfaite), les revenus et l'épargne, les taxes, la demande, les prix, les échanges extérieurs, et les conditions d'équilibre.

La production d'eau potable (en monopole naturel) est modélisée en deux étapes. Tout d'abord, le facteur travail est combiné au facteur capital par une fonction Cobb-Douglas à rendements d'échelle constants pour donner un facteur composite capital-travail. Puis, ce facteur composite est combiné au facteur eau primaire par une fonction Cobb-Douglas à rendements d'échelle croissants pour donner la valeur ajoutée. Nous faisons l'hypothèse que la valeur ajoutée est égale à la production d'eau potable, ce qui signifie qu'il n'y a pas de consommations intermédiaires (négligeables). Ainsi, nous calculons à partir de la fonction de coût total, une fonction de coût moyen et une fonction de coût marginal de production d'eau potable (voir le détail des équations en annexe 2).

La production des autres secteurs est modélisée en deux étapes. D'abord la production est une fonction de type Leontief. Elle est déterminée par le minimum entre la valeur ajoutée et la consommation intermédiaire du secteur. Ensuite, la valeur ajoutée est une fonction Cobb-Douglas des facteurs travail, capital, terre et eau primaire pour le secteur du riz irrigué ; des facteurs travail, capital et terre pour les autres secteurs agricoles ; des facteurs travail, capital et eau primaire pour le secteur de la production d'eau potable ; des facteurs travail et capital pour tous les autres secteurs sauf celui des services non marchands (travail uniquement). La consommation intermédiaire de chaque secteur est une proportion fixe de la production de chaque secteur, alors que la demande intermédiaire d'un produit est la somme des consommations intermédiaires de ce produit utilisées par les différents secteurs. Une fonction linéaire relie la demande intermédiaire d'un produit et la consommation intermédiaire d'un secteur de ce même produit.

Les demandes de travail, de capital, de terre et d'eau primaire sont déterminées par la condition de premier ordre de maximisation du profit d'une fonction de production Cobb-Douglas pour les

secteurs marchands. Pour le secteur non marchand, la demande de travail est le rapport entre la valeur ajoutée et la rémunération du facteur travail à l'unité.

Chaque groupe de ménages reçoit une proportion fixe des revenus des facteurs, auxquels s'ajoutent les dividendes versés par les firmes et les transferts reçus de l'Etat, du Reste du monde et des autres ménages. Le revenu disponible de chaque catégorie de ménages est la différence entre le revenu brut et l'impôt direct qui est une fonction du revenu brut. L'épargne des ménages est une fonction linéaire du revenu brut.

Le revenu des entreprises est constitué de la rémunération du capital. Leur épargne est la différence entre le revenu brut des entreprises, les impôts directs payés et les transferts versés par ces entreprises aux autres agents.

Le revenu du gouvernement est constitué de la somme des revenus issus du facteur eau primaire, des taxes sur les importations, des taxes indirectes sur la production domestique, des transferts reçus du Reste du monde et des impôts directs versés par les ménages et les entreprises. La taxe sur les importations est fonction des prix mondiaux à l'importation et du taux de change. Les taxes indirectes assimilées à des taxes sur la valeur ajoutée sont une proportion fixe de l'offre domestique. L'épargne de l'Etat est la différence entre ses revenus, ses dépenses et les transferts versés au Reste du monde et aux ménages.

Pour chaque groupe de ménages, le montant des dépenses de consommation est obtenu en soustrayant du revenu disponible, l'épargne et les transferts versés. La consommation finale de chaque produit est une LES intégrant un panier de consommation minimum (incompressible).

La consommation de l'Etat est la production en valeur du secteur non marchand.

La valeur de l'investissement par origine est une proportion fixe de l'investissement total en valeur.

Le prix de la valeur ajoutée d'une branche est égal au rapport entre la valeur de sa production nette des consommations intermédiaires et le volume de sa valeur ajoutée.

Les prix à l'importation et à l'exportation des produits sont définis en fonction des prix mondiaux, du taux de change et des droits de douane.

La valeur de la demande globale est la somme des ventes intérieures taxes comprises, et des importations droits de douane inclus.

La valeur de la production totale est égale à la somme de la valeur des ventes intérieures et des exportations évaluées au prix d'exportation. L'indice général des prix est le déflateur du PIB.

On pose l'hypothèse de « petit pays » pour tous les produits de l'économie. La production nationale est une fonction agrégée à élasticité constante de transformation (CET) des ventes intérieures et des exportations. La demande d'exportation des produits est définie par le prix relatif des exportations et le prix des biens domestiques (taxes exclues) et de l'élasticité de la demande d'exportation du produit.

La demande intérieure est une fonction CES agrégée des importations et des ventes intérieures. La demande d'importation est déterminée par le prix relatif des importations et des ventes intérieures ainsi que par l'élasticité de la demande d'importation.

La balance courante, qui correspond à l'épargne extérieure (en devises), est égale aux importations et transferts vers le Reste du monde net du total de ses exportations et des transferts du Reste du monde dont le Sénégal bénéficie.

L'offre totale du produit composite est la somme des demandes intermédiaires du produit, des consommations finales des ménages et des investissements privés.

L'investissement total est la somme des épargnes des différents agents économiques.

L'offre totale de terre est égale à la somme des demandes.

A partir des travaux de Annabi (2003), nous introduisons un salaire d'efficiencia et du chômage involontaire dans le modèle EGC (Shapiro et Stiglitz (1984)). Le taux de salaire dans l'économie est une relation inverse du taux de chômage (un). L'équilibre sur le marché de l'emploi est un équilibre avec chômage involontaire. La contrainte incitative dépend de la désutilité de l'effort (ee), de la probabilité d'être renvoyée (bb), de la probabilité de détection du tire au flanc (qq), et du taux d'escompte (rr). Elle est insérée dans le modèle en calibrant la désutilité de l'effort (ee) qui prend une valeur fixe dans les simulations. Les paramètres bb, qq, rr sont fixés respectivement à 0,1 ; 0,3 et 0,05.

Comme nous l'avons dit précédemment, pour comparer les effets de court et long terme des tarifications au coût moyen *versus* coût marginal, nous proposons une vision dynamique. Ce choix est primordial car il est en effet possible que les effets de court terme soient sous estimés par rapport aux effets de long terme. Rappelons que la littérature offre deux classes de modèles dynamiques d'équilibre général calculable : les modèles dynamiques intertemporels et les modèles dynamiques séquentiels récursifs.

Les modèles dynamiques intertemporels reposent sur la théorie de la croissance optimale où le comportement des agents économiques est caractérisé par des prévisions parfaites. Ils anticipent parfaitement le futur et sont capables de réagir par rapport à des changements futurs de prix. Les ménages maximisent leur programme intertemporel de consommation. Les décisions d'investissement des firmes émanent d'un programme intertemporel de maximisation de leurs flux de liquidité. Ces modèles sont encore peu utilisés pour les problématiques des pays en développement. Nous choisissons plutôt la construction d'un modèle dynamique séquentiel récursif (Annabi, Cockburn, Decaluwé (2004) et Annabi, Cissé, Cockburn et Decaluwé (2005)).

Ce type de modèle n'est pas le résultat d'optimisations intertemporelles des agents économiques (les agents sont myopes). Le modèle dynamique séquentiel est formulé comme un modèle statique qui est résolu séquentiellement sur toutes les périodes. A chaque période, le stock de capital est actualisé à partir d'une équation d'accumulation du capital. L'offre totale de travail augmente au même taux qui est le taux de croissance de la population. La question est alors celle de la distribution des nouveaux investissements entre les différents secteurs.

Le modèle dynamique séquentiel indice toutes les variables du modèle statique au temps t et introduit un bloc d'équations dynamique (voir bloc dynamique de l'annexe 2).

L'équation d'accumulation du capital (69) décrit la loi du mouvement du stock de capital sectoriel. On suppose implicitement que les stocks sont mesurés au début de la période et que les flux sont mesurés à la fin de la période.

La fonction de demande d'investissement (71) détermine comment le nouvel investissement va être distribué entre les différents secteurs. Elle définit le taux d'investissement par destination. Cette fonction de demande d'investissement³ que nous utilisons est proche de celle proposée par Bourguignon, Branson et De Melo (1989). Les paramètres γ_{1TR} et γ_{2TR} sont des paramètres positifs calibrés sur la base des élasticités d'investissement et de l'équation d'équilibre de l'investissement (74). Le taux d'accumulation du capital, rapport de l'investissement $IND_{TR,T}$ sur le stock de capital $KD_{TR,T}$ est augmenté en respectant le rapport du taux de rendement du capital

³ Voir Bchir, Decreux, Guérin and Jean (2002) and Jung and Thorbecke (2003) pour des exemples de fonctions d'investissement.

$r_{TR,T}$ sur le coût d'usage du capital⁴ U_T . En introduisant l'investissement par destination, on doit respecter la condition d'égalité avec l'investissement total par origine de la MCS. Les paramètres γ_{1TR} et γ_{2TR} sont positifs seulement si la valeur de l'élasticité de $\frac{IND_{TR,T}}{KD_{TR,T}}$ qui respecte $\left(\frac{r_{TR,T}}{U_T}\right)$ est comprise entre 1 et 2. Conformément aux travaux de Annabi *et al* (2004), nous la fixons égale à 1,5. Ainsi, on obtient la relation suivante:

$\gamma_{2i} = \gamma_{1i} \frac{R_{it}}{U_t}$ qui rend possible le calibrage des paramètres γ_{1TR} et γ_{2TR} . En introduisant la

demande d'investissement et l'équation d'accumulation du capital, nous devons assurer le calibrage du stock de capital pour le rendre cohérent. Pour cela, nous faisons des hypothèses sur le taux de croissance sectoriel du capital puisque les données ne sont généralement pas disponibles sur les investissements par destination (par secteurs) dans les pays en développement. Les hypothèses possibles sont les suivantes :

- 1) Le taux d'investissement est égal au taux de croissance de la production.
- 2) Le taux d'investissement est égal à la somme du taux de croissance de la population et du taux de dépréciation du capital⁵.

Dans notre cas, nous fixons le taux de croissance sectoriel du capital à 5% pour calibrer le stock de capital. Le coût d'usage du capital (72) est égal au prix de renouvellement du capital (ou indice du prix de l'investissement) multiplié par la somme du taux de dépréciation du capital et du taux d'intérêt réel (exogènes). L'offre totale de travail (70) est une variable endogène bien qu'elle soit simplement supposée croître au taux de croissance exogène de la population.

Le modèle est formulé sur un horizon de temps de 20 périodes.

Le bouclage du modèle est le suivant. Le taux de change nominal est le numéraire du modèle. Il est fixé compte tenu des accords relatifs à l'intégration monétaire des pays de l'UEMOA à laquelle appartient le Sénégal. Conformément à l'hypothèse de « petit pays », les prix mondiaux à l'importation et à l'exportation sont exogènes. La dépense publique est fixe. Les autres variables exogènes du modèle sont les dividendes, l'offre de terre, les demandes d'eau primaire, les transferts entre les différents agents.

Le calibrage est une étape traditionnelle dans la construction des modèles EGC. Pour rendre le modèle opérationnel, il convient de spécifier la valeur des paramètres. A l'exception des élasticités des fonctions de consommation des ménages et des demandes d'importation et d'exportation qui sont empruntées à Decaluwé *et al* (2001), et Cabral (2005), tous les autres paramètres proviennent de la MCS du Sénégal. Le modèle comporte alors 13 306 équations pour 13 306 variables endogènes et 2 255 variables exogènes. Sa résolution (calibrage et simulations) est faite sous le logiciel Gams⁶.

Dans les modèles statiques, l'analyse contrefactuelle est faite en respectant l'année de base représentée par la MCS initiale. Mais dans les modèles dynamiques, l'économie croît naturellement sans choc de politique. L'analyse doit donc être faite sur la base du sentier de

⁴ Hall and Jorgenson (1967).

⁵ Cette hypothèse reprend la condition terminale $\frac{Id_{it}}{K_{it}} = (n + \delta)$ qui est utilisée dans les modèles dynamiques intertemporels.

⁶ General Algebraic Modeling System, Brooke, Kendrick et Meeraus, (1996).

croissance en l'absence de choc⁷ (voir graphiques de l'annexe 9). Les effets sectoriels et macroéconomiques sont présentés dans les tableaux des annexes 7 et 8. Ces tableaux rapportent le pourcentage de variation entre le sentier de croissance sans choc et le sentier de croissance avec simulation pour chaque variable.

7. Résultats des simulations de tarification au coût moyen et au coût marginal face à des chocs climatiques

Les deux simulations portent sur les mêmes chocs climatiques. Ceux-ci ont pour objectif de représenter l'évolution de long terme de la disponibilité de la ressource en eau que nous avons décrit en première partie. Pour cela, nous simulons une première phase d'augmentation de la disponibilité de la ressource (grâce aux politiques d'accroissement de l'offre), suivie d'une phase de stabilité, puis d'une troisième phase marquée par l'apparition de déficits hydriques. Plus précisément, nous simulons un accroissement de 30% de la ressource en eau pour les trois premières périodes suivie d'une chute de 30% de sa disponibilité sur les périodes 7, 8 et 9, les autres périodes étant caractérisées par une stabilité climatique. Ainsi, nous observons les impacts sur un horizon de 20 ans (1996-2015) de ces variabilités climatiques, en comparant les résultats à ce que serait la tendance de long terme sans choc (voir graphiques des annexes 9, 10 et 11).

Ce qui distingue les deux simulations, c'est la politique tarifaire de gestion de la demande en eau qui accompagne ces chocs climatiques. Le premier *scenario* est celui d'une politique tarifaire au coût moyen. Le second est celui de la mise en place d'une tarification au coût marginal accompagnée d'une subvention versée par l'Etat au secteur de production d'eau potable. Nous comparons les effets de court et long terme de ces deux politiques sur l'économie sénégalaise. Nous recherchons celle qui génère le plus de bien être total.

7.1 La tarification au coût moyen face aux chocs climatiques (voir annexe 7)

A court terme (1996) :

La hausse de la disponibilité de la ressource primaire à court terme (permise par les politiques d'accroissement de l'offre) profite directement au secteur de production d'eau potable et du riz irrigué. Tout d'abord, elle entraîne une baisse du coût moyen, du coût marginal et du prix de production et de consommation de -35,6%. Cette chute du coût de l'intrant eau potable bénéficie directement aux secteurs de distribution d'eau potable. En effet les prix de production et de consommation de l'eau au branchement privé et à la borne-fontaine diminuent respectivement de -10,82% et -9,24%.

La hausse de la quantité d'eau primaire disponible génère alors une hausse de la production des secteurs du riz irrigué (+8,92%), de la production d'eau potable (+2,9%), de la distribution au branchement privé (+1,78%) et à la borne-fontaine (+9,38%). Compte tenu de la fonction de production Leontief de ces secteurs, leurs consommations intermédiaires respectives augmentent dans les mêmes proportions. Il y a donc un effet d'entraînement sur les autres secteurs dont la production augmente aussi mais dans de moindres proportions (sauf la pêche et l'industrie intensive en eau). On a donc globalement une expansion des secteurs qui répond aussi à une hausse de la demande *via* ses trois composantes : les demandes intermédiaires, la consommation finale des ménages et les demandes d'investissement. Cette hausse de la demande s'illustre par une hausse des importations (sauf pour le riz irrigué dont la production locale suffit pour

⁷ Voir les graphiques présentés en annexes 9, 10 et 11 pour une visualisation synthétiques des tendances et de l'effet des chocs.

répondre à la demande). Elle s'explique tout d'abord par la hausse des demandes intermédiaires liée à l'expansion des secteurs et la baisse du prix de l'eau potable mais aussi, par une hausse des revenus des agents. Le revenu des agents a en effet augmenté compte tenu de l'augmentation des rémunérations factorielles. En effet, le salaire et le rendement de la terre s'accroissent respectivement de +0,67% et +0,43%, la rémunération du capital ayant augmenté aussi dans tous les secteurs (sauf dans celui du riz irrigué et de la production d'eau potable). En effet, dans ces deux derniers secteurs, l'eau primaire s'est substituée aux autres facteurs (travail, capital et terre) qui ont donc pu être absorbés par les autres secteurs qui doivent assurer leur expansion. Notamment, les secteurs de distribution d'eau potable bénéficient largement de la libération de la main d'œuvre, en particulier le secteur des bornes-fontaines intensif en travail. Les autres secteurs agricoles bénéficient aussi de la libération de la terre par le riz irrigué. C'est le maraîchage (secteur agricole le plus en expansion après le riz irrigué compte tenu de la baisse du coût de l'intrant eau) qui accapare la plus grande partie de la terre (+1,1%, +0,86% et +0,3% respectivement pour le maraîchage, le riz pluvial et l'autre agriculture). La demande d'exportation de riz irrigué et de maraîchage croissent alors respectivement de +23,9% et +0,37%.

L'expansion des secteurs intensifs en eau se traduit aussi par une hausse de leur investissement par destination : +1,61%, +2,48%, +15,79% et +42,22% respectivement pour le maraîchage, l'énergie, le branchement privé et la borne-fontaine.

Au niveau des ménages, le choc combiné au maintien de la politique actuelle au coût moyen génère à court terme une hausse du bien-être de tous les ménages sauf ceux du Fleuve (baisse de -0,07%). La hausse du bien-être des ménages urbains est plus importante (+0,51% pour Dakar et +0,23% pour les autres centres urbains) que celle des ruraux (+0,02% en moyenne).

Au niveau macroéconomique, bien que l'épargne gouvernementale baisse (du fait de la chute des rémunérations de l'eau primaire), l'investissement total s'accroît de +1,03%. Ceci s'explique par la hausse des épargnes des autres agents (ménages et entreprises) liée à la hausse de leur revenu issu des autres facteurs dont la rémunération a augmenté. Ainsi, le bien être total s'accroît de +0,81% (compte tenu de la hausse des revenus et de la consommation) et le taux de chômage diminue de -0,9% grâce à l'expansion de l'économie sénégalaise. Enfin en terme de distribution d'eau potable, la politique d'accroissement de l'offre génère à court terme une substitution de la borne fontaine (+9,38%) (multiplication de leur implantation) au branchement privé (+1,78%) et du formel à l'informel (+0,56%).

A long terme (2015) :

Dix ans après le choc de déficit hydrique subit sur trois périodes, le coût moyen, le coût marginal et les prix de production et de consommation de l'eau potable ont augmenté de +17,88%. Ceci se traduit par une hausse du coût de l'intrant eau potable par les autres secteurs utilisateurs. Cette baisse de la disponibilité de la ressource a généré une chute de la production d'eau potable de -3,61% et du riz irrigué de -13,9%. La baisse de la production d'eau potable combinée à la hausse du prix de l'eau potable génère une chute de la production des secteurs intensifs en eau (-0,54% ; -0,58% ; -0,77% ; -0,79% ; -0,99% ; -2,48% et -10,1% respectivement pour l'industrie et les services marchands intensifs en eau, l'énergie, la distribution informelle d'eau, le maraîchage, le branchement privé et la borne-fontaine). La distribution d'eau potable est donc très affectée. Compte tenu de la chute dans les mêmes proportions de leurs consommations intermédiaires, les autres secteurs par effet d'entraînement se contractent aussi. La chute de la production du riz irrigué est en partie compensée par la hausse des importations (+6,63%) mais il n'en est pas de même pour les autres biens et services dont les importations reculent. Ceci traduit une contraction de la demande domestique qu'il nous faut alors expliquer. En effet, dans le secteur du riz irrigué, la baisse de la disponibilité de la ressource eau primaire est compensée par un

accroissement de la demande des autres facteurs. Le travail, le capital et la terre se substituent à l'eau primaire. Leurs demandes respectives augmentent de +0,83%, +0,44% et +0,61%. La hausse de la demande de terre par le riz irrigué se fait au détriment des autres secteurs agricoles surtout du maraîchage puisque fortement intensif en eau (très affecté par la hausse du prix de l'eau), c'est le secteur agricole après le riz irrigué qui se contracte le plus. De même, dans le secteur de production d'eau potable, la baisse de la disponibilité de la ressource eau primaire est compensée par un accroissement de la demande des facteurs travail et capital (+24,35% et +23,38%) au détriment des autres secteurs. Cette baisse des demandes de facteurs par les autres secteurs est rendue possible par leur contraction.

Au niveau des ménages, on observe à long terme compte tenu du déficit hydrique, une dégradation du bien-être des ménages sauf pour Niayes (reste constant) et pour le Fleuve qui augmente légèrement. La perte de bien-être des ménages urbains (-0,44% pour Dakar et -0,21% pour les autres centres urbains) est plus forte que celle des ruraux (-0,03% en moyenne).

Au niveau macroéconomique à long terme, on observe une contraction générale des secteurs. Malgré une hausse des rémunérations de l'eau primaire qui entraîne une hausse de l'épargne gouvernementale, la chute des rémunérations des autres facteurs (salaire et rendement du capital) génère une baisse du revenu des autres agents et donc de leur épargne. Ainsi, l'investissement et le bien être total se dégradent respectivement de -1,06% et -0,77% et, le taux de chômage augmente de +0,85%. En terme de distribution d'eau potable, le déficit hydrique affecte sur le long terme bien plus la distribution *via* les bornes fontaines (-10,1%) que celle *via* le branchement privé (-2,48%). La distribution informelle est la moins affectée (-0,79%) puisqu'elle joue alors un rôle de régulation face à la pénurie.

7.2 La tarification au coût marginal face aux chocs climatiques (voir annexe 8)

On suppose que l'Etat décide de mettre en place une politique de tarification de l'eau potable au coût marginal. Rappelons que le producteur est en situation de monopole naturel et qu'à l'année de base, il tarifie l'eau au coût moyen afin de couvrir l'ensemble de ses coûts de production. Pour cela, on pose que le prix de production de l'eau potable n'est plus égal à son coût moyen (1 à l'année de base) mais égal à son coût marginal. La mise en place de cette politique pose problème au producteur d'eau potable : son coût marginal étant inférieur au coût moyen, il subit une perte. Cette perte (égale à la différence entre le coût moyen et le coût marginal sur le volume total des ventes) risque de le faire disparaître à terme. C'est pourquoi, pour maintenir sa survie, l'Etat lui verse une subvention pour compenser cette perte. A travers cette simulation, nous voulons observer si le bien être total de l'économie sénégalaise, bien qu'elle subisse des chocs climatiques, s'accroît comme le prédit la théorie dans le cas d'une économie stylisée décrite plus haut.

A court terme (1996) :

La hausse de la disponibilité de la ressource permise par les politiques d'accroissement de l'offre cumulée à la mise en place d'une politique de tarification au coût marginal entraîne à court terme une chute des coûts moyen et marginal de production d'eau potable de -32,36%. Les prix de production et de consommation d'eau potable diminuent plus que dans le premier *scenario* (-47,97% contre -35,6%). Il s'en suit une plus forte baisse du coût de l'intrant eau potable pour les secteurs utilisateurs. En effet, les prix de l'eau potable distribuée par le branchement privé et à la borne fontaine baissent plus que dans le premier *scenario* (respectivement -14% contre -10,82% et -12% contre -9,24%). Ainsi, la hausse de la production des secteurs de l'eau potable est aussi accentuée (+4,01% contre +2,9% pour la production d'eau potable, +2,45% contre +1,78% pour la distribution au branchement privé, +13% contre +9,38% pour la distribution à la borne

fontaine). Ceci signifie que la hausse de leurs consommations intermédiaires évolue aussi dans ces proportions plus fortes que dans le premier *scenario* avec un effet d'entraînement sur les autres secteurs plus fort aussi. C'est pourquoi les hausses des productions des autres secteurs se font aussi dans de plus fortes proportions.

Cette hausse de l'offre répond à une demande de court terme elle-même en hausse. En effet, l'expansion des secteurs intensifs en eau, *via* la hausse des demandes intermédiaires et la baisse du prix de l'eau potable explique cette évolution à la hausse de la demande totale. Cette dernière est assurée par l'augmentation des revenus des agents provoquée par la hausse des rémunérations factorielles plus conséquente que dans le premier *scenario* : le taux de salaire et le rendement de la terre croissent respectivement de +1,13% contre +0,67% et +0,88% contre +0,43%. De même, le rendement du capital augmente plus dans tous les secteurs sauf dans le riz irrigué et la production d'eau potable où il diminue conformément au premier *scenario*. Ces évolutions des rémunérations factorielles s'expliquent par le fait que dans les secteurs du riz irrigué et de la production d'eau potable, l'eau primaire se substitue aux autres facteurs absorbés par les autres secteurs en expansion. Les hausses de demande de travail dans le secteur du branchement privé et de la borne fontaine sont plus fortes (respectivement +13,9% et +36,53% contre +9,95% et +25,65%). Dans les secteurs agricoles, la terre libérée par le riz irrigué (-1,38% contre -1,29% dans le premier *scenario*) est encore plus accaparée par le riz pluvial (+1,21% contre +0,86%) et le maraîchage (+1,4% contre +1,1%).

La hausse des investissements des secteurs par destination est aussi plus forte pour le riz pluvial, le maraîchage, l'autre agriculture, l'industrie non intensive en eau, l'énergie, le branchement privé, la borne fontaine et les services. Plus particulièrement, l'investissement dans le secteur du branchement privé s'accroît de +22,4% contre +15,79% et de +62,26% contre +42,22% dans celui de la borne fontaine. L'effet de la mise en place d'une tarification au coût marginal est à court terme plus bénéfique en termes d'investissements dans les secteurs de distribution d'eau potable.

Au niveau des ménages, le choc combiné à la mise en place d'une politique tarifaire au coût marginal génère à court terme une amélioration du bien-être de tous les ménages sauf ceux du Fleuve (-0,05%). Cette hausse du bien-être est comme dans le premier *scenario* plus forte pour les urbains (+0,68% pour Dakar et +0,31% pour les autres centres urbains) que pour les ruraux (+0,4% en moyenne), mais dans de plus amples proportions. Ceci signifie que la mise en place d'une tarification au coût marginal accentue les effets bénéfiques du choc sur le bien-être des ménages.

Au niveau macroéconomique, la mise en place d'une tarification au coût marginal fait moins baisser les rémunérations de l'eau primaire. Le versement par l'Etat d'une subvention visant à combler le déficit budgétaire du secteur de production d'eau potable génère une dégradation de l'épargne gouvernementale de -5,82% contre -1,89% lorsque l'Etat n'intervient pas dans le premier *scenario*. Mais ceci n'entrave pas le niveau d'investissement total bien au contraire. Ce dernier augmente de +1,84% contre +1,03%. Ceci s'explique par la hausse des épargnes des autres agents qui fait plus que compenser la baisse de celle de l'Etat. Au final, l'expansion plus forte de l'économie avec la mise en place d'une tarification au coût marginal génère un plus fort accroissement du bien-être total (+1,11% contre +0,81%) et une diminution plus importante du taux de chômage (-1,5% contre -0,9%). En terme de distribution d'eau potable, on observe les mêmes résultats que dans le premier *scenario* même si ceux-ci sont plus accentués. A savoir, une substitution de la borne fontaine (+13%) au branchement privé (+2,45%), ce qui signifie un fort développement du parc des bornes fontaines suite aux politiques d'accroissement de l'offre, et une substitution du formel à l'informel (+0,74%).

A long terme (2015) :

Nous observons que la mise en place d'une politique tarifaire au coût marginal permet à long terme de contrebalancer les effets négatifs sur l'économie du choc de déficit hydrique. En effet à long terme, les coûts moyen et marginal de production d'eau potable augmente de +19,59%. Mais le prix de production et de consommation d'eau potable diminue de -7,82% tandis qu'il augmentait de +17,88% dans le premier *scenario*. Les tendances de long terme s'inversent complètement selon que le gouvernement mène une politique de tarification au coût moyen ou au coût marginal. Ce résultat est intéressant car il démontre qu'à long terme, une politique de tarification au coût marginal est encore bien plus bénéfique qu'à court terme. L'analyse de l'évolution des autres agrégats nous le démontre.

Malgré le choc de rareté de la ressource, le prix de l'eau potable produite diminue, ce qui se traduit par une baisse du coût de l'intrant eau potable pour les autres secteurs intensifs en eau. En effet, les prix de l'eau potable distribuée au branchement privé et à la borne fontaine diminuent respectivement de -2,96% et -2,91% tandis que dans le premier *scenario* (tarification au coût moyen), ils augmentaient respectivement de +7,36% et +7,4%.

Du coup, les effets sectoriels deviennent complètement différents. En effet, les productions des secteurs de la production d'eau potable, de la distribution au branchement privé, à la borne fontaine et du maraîchage augmentent respectivement de +1,36%, +0,8%, +4,63% et +0,11% tandis qu'elles diminuaient respectivement de -3,61%, -2,48%, -10,1% et -0,99% dans le premier *scenario*. Ces résultats sont très intéressants car il s'en suit un effet d'entraînement positif sur la plupart des autres secteurs dont la production progresse aussi *via* les consommations intermédiaires. En effet, à part la production du riz irrigué qui chute pareillement au premier *scenario* (-13,9%), seules les productions de pêche, d'autre agriculture et d'industrie intensive en eau diminuent ici mais, dans de moindres proportions.

Ainsi l'expansion de la plupart des secteurs va de pair avec la hausse des rémunérations factorielles. Le taux de salaire et le rendement de la terre s'accroissent respectivement de + 0,29% et +0,5% tandis qu'ils baissaient respectivement de -0,55% et -0,89% dans le premier *scenario*. Cette hausse des rémunérations factorielles justifie l'expansion des secteurs permise par la hausse de la demande totale *via* ses trois composantes (demande intermédiaire, consommation finale et demande d'investissement). En effet, le revenu et l'épargne des agents progressent sauf l'épargne gouvernementale qui se dégrade de -9,74% (contre une légère hausse de +0,08% dans le cas de la tarification de second rang) du fait des subventions versées au secteur de production d'eau potable. Mais cette dégradation de l'épargne gouvernementale est plus que compensée par la hausse des épargnes des autres agents puisque au final, l'investissement total de long terme s'accroît de +0,79% alors qu'il diminuait de -1,06% dans le premier *scenario*.

Au niveau des ménages, le choc hydrique combiné à la mise en place d'une tarification au coût marginal provoque à long terme le maintien du bien-être des ménages de la zone sylvopastorale et une hausse de celui des ménages du Fleuve (+0,04%), hausse plus importante que dans le premier *scenario*. Comme dans le *scenario* précédent, le choc génère une dégradation du bien-être de tous les autres ménages plus forte pour les urbains (-0,1% pour Dakar et -0,07% pour les autres centres urbains) que pour les ruraux (-0,15% en moyenne), mais dans des proportions moindres. Ceci signifie que la mise en place d'une politique tarifaire au coût marginal permet d'atténuer l'effet négatif des pénuries d'eau sur le bien-être des ménages.

Enfin avec la mise en place d'une tarification au coût marginal, suite au choc de rareté de la ressource, le bien-être total se dégrade moins que dans le cas de la tarification au coût moyen (-0,18% contre -0,77%). L'expansion de la plupart des secteurs permise par la baisse du prix de l'eau relance l'activité économique et diminue le taux de chômage de -0,43% tandis que ce dernier augmentait de +0,85% dans le premier *scenario*. En terme de distribution d'eau potable, on observe une tendance inverse au premier *scenario* puisque le déficit hydrique accompagné d'une

politique tarifaire au coût marginal permet malgré tout à long terme, une expansion de la distribution avec une substitution de la borne fontaine (+4,63%) au branchement privé (+0,8%). Ceci d'explique par la dynamique d'investissement. En effet, les investissements dans les secteurs de l'eau augmentent tous contrairement au premier *scenario*. (respectivement +33%, +2,06% et +7,26% pour la production d'eau potable, la distribution au branchement privé et à la borne fontaine contre +24,17%, -2,25% et -10,7%). Ainsi contrairement à la première simulation, le secteur informel ne joue plus le rôle de régulateur de la pénurie puisqu'il recule (-0,06%).

Conclusion

Le modèle dynamique EGC appliqué au Sénégal permet de simuler à court terme une phase d'accroissement de la disponibilité de la ressource (politiques d'accroissement de l'offre) suivie d'une phase de déficits hydriques conformément aux prévisions. Ces chocs climatiques sont simulées de façon combinée à deux politiques tarifaires de gestion de la demande en eau : tarification au coût moyen *versus* tarification au coût marginal.

Les résultats montrent que si à court terme, une tarification au coût marginal est plus bénéfique qu'une tarification au coût moyen, elle ne fait qu'amplifier positivement les effets sans les inverser. En effet dans les deux cas, l'accroissement de court terme de la disponibilité de la ressource primaire génère une expansion de l'économie avec une baisse du taux de chômage, une hausse de l'investissement et du bien-être total. Dans les deux cas, la distribution d'eau potable à la borne fontaine se développe plus que celle au branchement privé et le formel se substitue à l'informel. L'expansion des secteurs agricoles est plus forte lorsque la politique d'accroissement de l'offre s'accompagne de la mise en place d'une tarification au coût marginal. Cette dernière est donc plus favorable à la lutte contre l'insécurité alimentaire. Enfin le bien-être des différentes catégories s'accroît davantage aussi dans ce deuxième *scenario*.

Mais dans une optique de long terme, les résultats sont plus intéressants puisqu'ils montrent que les effets d'une tarification au coût marginal sont bien plus bénéfiques. En effet, lorsque le Sénégal fait face à des déficits hydriques, elle permet de mieux gérer la rareté de l'eau en inversant complètement les tendances de long terme de l'économie qui maintiendrait une tarification au coût moyen. Plus précisément, l'investissement total de long terme s'accroît alors qu'il diminuait dans le premier *scenario*. Suite au choc de rareté de la ressource, le bien-être total se dégrade moins que dans le premier cas. Plus particulièrement, la mise en place d'une tarification au coût marginal permet d'atténuer les effets négatifs des pénuries d'eau sur le bien-être des ménages. L'expansion de la plupart des secteurs permise par le passage à une tarification au coût marginal relance l'activité économique en diminuant le taux de chômage tandis que ce dernier augmentait avec la tarification au coût moyen. Malgré la pénurie d'eau, le passage à une tarification au coût marginal permet d'accroître à long terme la production agricole du riz pluvial et du maraîchage alors que tous les secteurs agricoles reculent lorsqu'on maintient une tarification au coût moyen. Cette réforme tarifaire serait plus favorable à la lutte contre l'insécurité alimentaire. Enfin en terme d'approvisionnement en eau potable, on observe une tendance inverse au premier *scenario* puisque le déficit hydrique accompagné d'une politique tarifaire au coût marginal permet malgré tout à long terme, une expansion de la distribution d'eau potable (branchement privé et borne fontaine) grâce à la dynamique d'investissement, ce qui accroît l'accès des ménages au service. Enfin le secteur informel ne joue plus le rôle de régulateur de la pénurie puisqu'il recule.

La tarification au coût marginal permet une meilleure gestion à long terme de la rareté de la ressource et de lutter contre l'insécurité alimentaire même si l'Etat doit intervenir en subventionnant le secteur de production d'eau potable. Elle contrecarre les effets négatifs des pénuries d'eau puisque la baisse du coût de l'intrant eau (liée au passage d'une tarification au coût

moyen à une tarification au coût marginal), combinée à la hausse de l'investissement total, relance l'activité économique et améliore le bien être des ménages. Ce résultat va à l'encontre des directives des bailleurs de fond qui imposent aux sociétés d'eau la contrainte d'équilibre budgétaire. Ces directives pourraient en effet être néfastes pour une économie de long terme soumise à des chocs futurs de déficits hydriques. Enfin, ceci remet en question le tarif de base (coût moyen) sur lequel repose la structure tarifaire progressive de l'eau adopté au Sénégal.

Annexes :

Annexe 1 : Tableau A1.1 : Contribution des secteurs à la production et à la valeur ajoutée

Secteurs	Production (XS)		Valeur ajoutée (VA)		Taux de valeur ajoutée VA / XS (%)
	Valeur (en millions de FCFA)	Part (%)	Valeur (en millions de FCFA)	Part (%)	
Riz irrigué	92328	1,89	84148	3,23	91,14
Riz pluvial	4168	0,09	1847	0,07	44,31
Maraîchage	89348	1,83	76328	2,93	85,43
Pêche	150585	3,09	119474	4,58	79,34
Autre agriculture	452156	9,27	348243	13,36	77,02
IIE ¹	573445	11,76	243892	9,36	42,53
INIE ²	979654	20,09	237378	9,11	24,23
Autre énergie	70079	1,44	31114	1,19	44,40
Production eau (SONES)	29618	0,61	29618	1,14	100,00
Distribution BP (SDE)	78880	1,62	36261	1,39	45,97
Distribution BF (SDE)	13311	0,27	5157	0,20	38,74
Distribution informelle eau	7593	0,16	7513	0,29	98,95
SMIE ³	980868	20,12	598784	22,97	61,05
SMNIE ⁴	1041775	21,37	617927	23,70	59,31
SNM ⁵	311910	6,40	169076	6,49	54,21
Total	4875718	100,00	2606760	100,00	53,46

Source : Calculs à partir de la MCS, 1996

Tableau A1.2 : Contribution des facteurs à la valeur ajoutée (%)

Secteurs	VA (millions de FCFA)	Part des facteurs				Total
		Travail (%)	Capital (%)	Terre (%)	Eau primaire (%)	
Riz irrigué	84148	12,28	44,48	9,46	33,78	100
Riz pluvial	1847	57,34	30,54	12,13	0	100
Maraîchage	76328	59,29	35,83	4,88	0	100
Pêche	119474	53,72	46,28	0	0	100
Autre agriculture	348243	61,43	32,75	5,81	0	100
IIE	243892	18,63	81,37	0	0	100
INIE	237378	32,91	67,09	0	0	100
Autre énergie	31114	17,91	82,09	0	0	100
Production eau (SONES)	29618	14,82	53,16	0	32,02	100
Distribution BP (SDE)	36261	18,55	81,45	0	0	100
Distribution BF (SDE)	5157	39,25	60,75	0	0	100
Distribution informelle eau	7513	88,65	11,35	0	0	100
SMIE	598784	44,20	55,80	0	0	100
SMNIE	617927	22,88	77,12	0	0	100
SNM	169076	100	0	0	0	100
Total	2606760	40,62	56,69	1,23	1,45	100

Source : Calculs à partir de la MCS, 1996

¹ IIE : Industrie Intensive en Eau

² INIE : Industrie Non Intensive en Eau

³ SMIE : Services Marchands Intensifs en Eau

⁴ SMNIE : Services Marchands Non Intensifs en Eau

⁵ SNM : Services Non Marchands

Tableau A1.3 : Intensités en eau potable des secteurs

Secteurs	CI d'eau potable produite (millions FCFA)	CI d'eau potable au Branchement Privé (millions FCFA)	CI d'eau potable à la Borne-Fontaine (millions FCFA)	CI d'eau potable informelle (millions FCFA)	CI total du secteur (millions de FCFA)	CI eau / CI total (%)
Riz irrigué	0	0	0	0	8180	0
Riz pluvial	0	0	0	0	2321	0
Maraîchage	0	4771	1443	1443	13020	58,8
Pêche	0	222	0	44	31111	0,86
Autre agriculture	0	0	0	0	103913	0
IIE	0	17380	0	0	329553	5,3
INIE	0	10380	0	0	742276	1,4
Autre énergie	0	1791	0	0	38965	4,6
Production eau (SONES)	0	0	0	0	0	0
Distribution BP (SDE)	32969	0	0	0	42619	77
Distribution BF (SDE)	5742	0	0	0	8154	70,4
Distribution informelle eau	0	0	80	0	80	100
SMIE	0	10051	0	0	382084	2,6
SMNIE	0	4459	0	0	423848	1,05
SNM	0	2040	0	0	142834	1,43
Total	38711	51094	1523	1487	2268958	4,1

Source : Calculs à partir de la MCS, 1996

Tableau A1.4 : Revenus des ménages selon la source (en %)

	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	FLEUV
Facteurs								
Travail	39,35	36	13,64	40	22,85	16,70	61,83	14,97
Capital	35,47	40,5	43,21	27,22	36,81	34,60	15,37	33,98
Terre	0	0	6,61	2,94	7,31	3,9	3,32	3,60
Eau primaire	0	0	0	0	3,48	0	0	22,29
Transferts								
Ménages	17,45	15,3	17,85	17,45	15,18	30,16	13,36	15,92
Firmes	5,14	4	7,70	5,03	5,74	5,11	2,32	3,64
Etat	0,45	0,85	0,09	0,23	0,50	2,28	0,51	0,44
RDM	2,14	3,35	10,90	7,13	8,13	7,25	3,29	5,16
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Source : Calculs à partir de la MCS, 1996

Tableau A1.5 : Répartition des dépenses des ménages (en %)

	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	FLEUV
Revenu total	100	100	100	100	100	100	100	100
Transferts ménages	17,07	23,96	4,21	1,58	0,17	0,00	41,65	1,07
Impôts directs	2,31	2,49	1,97	1,29	0,00	0,00	0,60	0,00
Conso finale	41,25	45,58	93,82	97,13	96,35	100,00	57,75	76,65
Riz irrigué	9,98	10,74	13,90	16,29	17,76	13,19	13,95	15,05
Riz pluvial	0,00	0,00	0,12	0,00	2,31	0,00	1,92	0,00
Maraîchage	5,18	5,34	6,51	6,31	5,57	6,11	5,29	5,61
Pêche	5,24	4,77	5,26	4,68	4,80	4,34	5,96	4,06
Autre agriculture	8,89	9,30	20,84	14,58	25,42	17,48	15,01	25,35
IIE	16,72	15,46	10,94	16,38	14,45	21,73	17,00	11,86
INIE	22,39	20,70	16,62	21,92	10,41	18,34	18,29	19,17
Autre énergie	1,78	1,65	2,27	1,74	1,54	2,31	1,81	2,16
Production eau (SONES)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Distribution BP (SDE)	2,68	0,66	2,54	1,20	0,81	2,67	1,00	0,28
Distribution BF (SDE)	0,05	0,05	0,23	0,29	0,01	0,29	0,06	0,01
Distribution informelle eau	0,55	0,14	0,55	0,30	0,16	0,60	0,21	0,06
SMIE	5,97	7,01	5,48	3,95	3,77	5,94	4,38	3,68
SMNIE	20,57	24,18	14,74	12,36	12,99	7,00	15,12	12,71
SNM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Epargne	39,37	27,97	0,00	0,00	3,48	0,00	0,00	22,28

Source : Calculs à partir de la MCS, 1996

Annexe 2 : Les équations et variables du modèle

Production

Production d'eau potable (monopole naturel à rendements d'échelle croissants)

$$(1) \quad XS_{WAT} = VA_{WAT}$$

$$(2) \quad KL_{WAT} = \left(\frac{\alpha^{KLE}_{WAT}}{s_{WAT}} \right) \left(\frac{CM_{WAT}}{P_{KL}} \right) VA_{WAT}$$

$$(3) \quad ED_{WAT} = \left(\frac{s_{WAT} - \alpha^{KLE}_{WAT}}{s_{WAT}} \right) \left(\frac{CM_{WAT}}{re_1} \right) VA_{WAT}$$

$$(4) \quad LD_{WAT} = \left(\alpha^{KL}_{WAT} P_{KL} KL_{WAT} \right) / w$$

$$(5) \quad P_{KL} = \left(\frac{1}{A^{KLI}_{WAT}} \right) \left(\frac{r_{WAT}}{\beta^{KL}_{WAT}} \right)^{\beta^{KL}_{WAT}} \left(\frac{w}{\alpha^{KL}_{WAT}} \right)^{\alpha^{KL}_{WAT}}$$

$$(6) \quad PV_{WAT} = P_{WAT}$$

$$(7) \quad PV_{WAT} = CM_{WAT}$$

$$(8)$$

$$Cm_{WAT} = \left(\frac{1}{s_{WAT}} \right) VA_{WAT}^{\frac{1}{s_{WAT}-1}} A_{WAT}^{KLE} \frac{-1}{s_{WAT}} P_{KL} \frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}} re_1^{1-\frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}}} \left(\frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT} - \alpha_{WAT}^{KLE}} \right)^{1-\frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}}} \left(\frac{s_{WAT}}{\alpha_{WAT}^{KLE}} \right)$$

$$(9)$$

$$CM_{WAT} = VA_{WAT}^{\frac{1}{s_{WAT}-1}} A_{WAT}^{KLE} \frac{-1}{s_{WAT}} P_{KL} \frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}} re_1^{1-\frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}}} \left(\frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT} - \alpha_{WAT}^{KLE}} \right)^{1-\frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}}} \left(\frac{s_{WAT}}{\alpha_{WAT}^{KLE}} \right)$$

$$(10)$$

$$CT_{WAT} = \left(\frac{VA_{WAT}}{A_{WAT}^{KLE}} \right)^{\frac{1}{s_{WAT}}} P_{KL} \frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}} re_1^{1-\frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}}} \left(\frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT} - \alpha_{WAT}^{KLE}} \right)^{1-\frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}}} \left(\frac{s_{WAT}}{\alpha_{WAT}^{KLE}} \right)$$

$$(11) \quad SUB_{WAT} = (CM_{WAT} - Cm_{WAT})VA_{WAT}$$

Production des autres secteurs (concurrence pure et parfaite)

$$(12) \quad XS_K = \frac{VA_K}{v_K}$$

$$(13) \quad VA_{NWAT} = A_{NWAT}^{KL} \left[LD_{NWAT}^{\alpha_{NWAT}} KD_{NWAT}^{1-\alpha_{NWAT}} \right]$$

$$(14) \quad VA_{NIRG} = A_{NIRG}^{KLT} LD_{NIRG}^{\alpha_{NIRG}} KD_{NIRG}^{\beta_{NIRG}} TD_{NIRG}^{1-\alpha_{NIRG}-\beta_{NIRG}}$$

$$(15) \quad VA_{IRG} = A_{IRG}^{KLTE} LD_{IRG}^{\alpha_{IRG}} KD_{IRG}^{\beta_{IRG}} TD_{IRG}^{\chi_{IRG}} ED_{IRG}^{1-\alpha_{IRG}-\beta_{IRG}-\chi_{IRG}}$$

$$(16) \quad VA_{NTR} = LD_{NTR}$$

$$(17) \quad CI_K = io_K XS_K$$

$$(18) \quad DI_{TR,K} = aij_{TR,K} CI_K$$

$$(19) \quad LD_{NWAT} = (\alpha_{NWAT} PV_{NWAT} VA_{NWAT}) / w$$

$$(20) \quad LD_{NIRG} = (\alpha_{NIRG} PV_{NIRG} VA_{NIRG}) / w$$

$$(21) \quad LD_{IRG} = (\alpha_{IRG} PV_{IRG} VA_{IRG}) / w$$

$$(22) \quad LD_{NTR} = \left(P_{NTR} XS_{NTR} - \sum_{TR} DI_{TR,NTR} P_{C_{TR}} \right) / w$$

$$(23) \quad TD_{NIRG} = ((1 - \alpha_{NIRG} - \beta_{NIRG}) PV_{NIRG} VA_{NIRG}) / r_T$$

$$(24) \quad TD_{IRG} = (\chi_{IRG} PV_{IRG} VA_{IRG}) / r_T$$

$$(25) \quad ED_{IRG} = ((1 - \alpha_{IRG} - \beta_{IRG} - \chi_{IRG}) PV_{IRG} VA_{IRG}) / re_2$$

Revenu et épargne

$$(26) \quad YM_H = \lambda_{w_H} w \sum_j LD_j + \lambda_{r_H} \sum_{TR} r_{TR} KD_{TR} + \lambda_{l_H} \sum_{AGR} r_T TD_{AGR} + \lambda_{WAT_H} (re_1 ED_{PE} + re_2 ED_{RI}) + \sum_H RTF_{H,H} + DIV_H + TGM_H + TWM_H$$

$$(27) \quad YDM_H = YM_H - TDM_H - \sum_H RTF_{H,H}$$

$$(28) \quad YE = \lambda_{re} \sum_{TR} r_{TR} KD_{TR}$$

$$(29) \quad SM_H = \phi_H YDM_H$$

$$(30) \quad SE = YE - \sum_H DIV_H - TDE - TEW$$

$$(31) \quad YG = \lambda_{WAT} (re_1 ED_{PE} + re_2 ED_{RI}) + \sum_{TRX} TIM_{TRX} + \sum_{TR} TI_{TR} + \sum_H TDM_H + TDE + TWG$$

$$(32) \quad SG = YG - G - \sum_H TGM_H - TGW - SUB_{PE}$$

Taxes

$$(33) \quad TI_{TRX} = tx_{TRX} (P_{TRX} XS_{TRX} - Pe_{TRX} EX_{TRX}) + tx_{TRX} (1 + tm_{TRX}) ePwm_{TRX} M_{TRX}$$

$$(34) \quad TI_{NTRX} = tx_{NTRX} P_{NTRX} XS_{NTRX}$$

$$(35) \quad TDM_H = ty_H YM_H$$

$$(36) \quad TDE = ty_e YE$$

$$(37) \quad TIM_{TRX} = tm_{TRX} Pwm_{TRX} eM_{TRX}$$

Demande

$$(38) \quad CTM_H = YDM_H - SM_H$$

$$(39) \quad C_{TR,H} = \frac{Pc_{TR}\bar{C}_{TR,H} + \gamma_{TR,H}(CTM_H - \sum_{TR} Pc_{TR}\bar{C}_{TR,H})}{Pc_{TR}}$$

$$(40) \quad INV_{TR} = \frac{\mu_{TR}IT}{Pc_{TR}}$$

$$(41) \quad DIT_{TR} = \sum_K DI_{TR,K}$$

$$(42) \quad G = P_{SNM}XS_{SNM}$$

Echanges extérieurs

$$(43) \quad XS_{TRX} = B_{TRX}^e \left[\beta_{TRX}^e EX_{TRX}^{-\kappa_{TRX}^e} + (1 - \beta_{TRX}^e) D_{TRX}^{-\kappa_{TRX}^e} \right]^{-\frac{1}{\kappa_{TRX}^e}}$$

$$(44) \quad XS_{NTRX} = D_{NTRX}$$

$$(45) \quad D_{TRX} = \left[\left(\frac{1 - \beta_{TRX}^e}{\beta_{TRX}^e} \right) \left(\frac{Pe_{TRX}}{Pl_{TRX}} \right) \right]^{\tau_{TRX}} EX_{TRX}$$

$$(46) \quad Q_{TRX} = A_{TRX}^m \left[\alpha_{TRX}^m M_{TRX}^{-\rho_{TRX}^m} + (1 - \alpha_{TRX}^m) D_{TRX}^{-\rho_{TRX}^m} \right]^{-\frac{1}{\rho_{TRX}^m}}$$

$$(47) \quad Q_{NTRX} = D_{NTRX}$$

$$(48) \quad M_{TRX} = \left[\left(\frac{\alpha_{TRX}^m}{1 - \alpha_{TRX}^m} \right) \left(\frac{Pd_{TRX}}{Pm_{TRX}} \right) \right]^{\sigma_{TRX}^m} D_{TRX}$$

$$(49)$$

$$SR = e \sum_{TRX} Pwm_{TRX} M_{TRX} + \lambda_{row} \sum_{TR} r_{TR} KD_{TR} + TEW + TGW - e \sum_{TRX} Pwe_{TRX} EX_{TRX} - \sum_H TWM_H - TWG$$

Prix

$$(50) \quad PV_K = \left(P_K XS_K - \sum_{TR} DI_{TR,K} Pc_{TR} \right) / VA_K$$

$$(51) \quad Pm_{TRX} = ePwm_{TRX} (1 + tm_{TRX})(1 + tx_{TRX})$$

$$(52) \quad Pe_{TRX} = ePwe_{TRX}$$

$$(53) \quad Pd_{TRX} = \frac{Pc_{TRX} Q_{TRX} - Pm_{TRX} M_{TRX}}{D_{TRX}}$$

$$(54) \quad Pd_{NTRX} = \frac{Pc_{NTRX} Q_{NTRX}}{D_{NTRX}}$$

$$(55) \quad Pl_{TR} = \frac{Pd_{TR}}{(1 + tx_{TR})}$$

$$(56) \quad P_{TRX} = \frac{Pl_{TRX} D_{TRX} + Pe_{TRX} EX_{TRX}}{XS_{TRX}}$$

$$(57) \quad P_{NTRX} = \frac{Pl_{NTRX} D_{NTRX}}{XS_{NTRX}}$$

$$(58) \quad P_{index} = \sum_j PV_j \delta_j$$

$$(59) \quad r_{WAT} = \frac{P_{KL} KL_{WAT} - wLD_{WAT}}{KD_{WAT}}$$

$$(60) \quad r_{NWAT} = \frac{PV_{NWAT} VA_{NWAT} - wLD_{NWAT}}{KD_{NWAT}}$$

$$(61) \quad r_{NIRG} = \frac{PV_{NIRG} VA_{NIRG} - wLD_{NIRG} - r_T TD_{NIRG}}{KD_{NIRG}}$$

$$(62) \quad r_{IRG} = \frac{PV_{IRG} VA_{IRG} - wLD_{IRG} - r_T TD_{IRG} - re_2 ED_{IRG}}{KD_{IRG}}$$

Conditions d'équilibre

Marché du travail (chômage)

$$(63) \quad LS = \sum_j LD_j + unLS$$

$$(64) \quad w = ee + (ee / qq) * (bb / un + rr)$$

Salaire d'efficience

Autres conditions d'équilibre

$$(65) \quad Q_{good} = DIT_{good} + \sum_H C_{good,H} + INV_{good}$$

$$(66) \quad Q_{SMNIE} = \sum_H C_{SMNIE,H} + DIT_{SMNIE} + INV_{SMNIE}$$

$$(67) \quad TS = \sum_{AGR} TD_{AGR}$$

$$(68) \quad IT = \sum_H SM_H + SE + SG + SR$$

Equations dynamiques

$$(69) \quad KD_{TR,T+1} = (1 - \delta) KD_{TR,T} + IND_{TR,T}$$

Accumulation du capital

$$(70) \quad LS_{T+1} = (1 + n) LS_T$$

Croissance de la main d'œuvre

$$(71) \quad \frac{IND_{TR,T}}{KD_{TR,T}} = \gamma_{ITR} \left(\frac{r_{TR,T}}{U_T} \right)^2 + \gamma_{2TR} \left(\frac{r_{TR,T}}{U_T} \right)$$

Demande d'investissement

$$(72) \quad U_T = Pk_T (ir + \delta) \quad \text{Coût d'usage du capital}$$

$$(73) \quad Pk_T = \sum_{TR} (Pc_{TR,T} \mu_{TR}) \quad \text{Coût de renouvellement du capital}$$

$$(74) \quad IT = Pk_T \sum_{TR} IND_{TR,T} \quad \text{Equilibre de l'investissement}$$

Annexe 3 : Les Variables endogènes

SUB_{WAT} : Subvention versée par l'Etat au secteur de production d'eau potable WAT

KL_{WAT} : Facteur composite capital - travail dans la production d'eau potable WAT

P_{KL} : Prix du facteur composite dans la production d'eau potable WAT

CM_{WAT} : Coût moyen de production d'eau potable WAT

Cm_{WAT} : Coût marginal de production d'eau potable WAT

CT_{WAT} : Coût total de production d'eau potable WAT

Prix

w : Taux de salaire

r_{TR} : Taux de rendement du capital dans les secteurs TR

U_T : Coût d'usage du capital

Pk_T : Prix de renouvellement du capital (indice de prix de l'investissement)

r_T : Taux de rendement de la terre

re_1 : Taux de rendement de l'eau primaire dans le secteur agricole irrigué

re_2 : Taux de rendement de l'eau primaire dans le secteur de production d'eau potable

P_i : Prix au producteur du produit i sur l'ensemble de ses ventes

PV_i : Prix de la valeur ajoutée des branches j

Pd_{TR} : Prix de marché du produit local TR vendu sur le marché intérieur

Pc_{TR} : Prix de marché du produit composite TR

Pe_{TRX} : Prix reçu par le producteur à l'exportation du produit TRX

Pm_{TRX} : Prix intérieur de marché du produit importé TRX

Pl_{TR} : Prix reçu par le producteur pour ses ventes sur le marché intérieur du produit TR

P_{index} : Indice du prix du PIB au coût des facteurs (indice général des prix)

Production

VA_I : Valeur ajoutée des branches I (volume)

XS_j : Production totale de la branche d'activité j (volume)

CI_K : Consommation intermédiaire totale de la branche K (volume)

$DI_{TR,K}$: Demande intermédiaire de produit TR par la branche K

Facteurs

LD_I : Demande de travail par les secteurs I (volume)

LS_T : Offre totale de main d'œuvre (volume)

un : Taux de chômage

KD_{TR} : Stock de capital du secteur TR (volume)
 TD_{AGR} : Demande de terre par les branches agricoles (volume)

Demande

$C_{TR,H}$: Consommation des ménages de la catégorie H du produit TR (volume)
 CTM_H : Consommation totale des ménages de la catégorie H (valeur)
 DIT_{TR} : La demande intermédiaire totale en produit TR (volume)
 INV_{TR} : La demande d'investissement en produit TR ou par origine (volume)
 $IND_{TR,T}$: La demande d'investissement par destination TR ou demande de capital (volume)
 IT : Investissement total
 D_{tr} : Ventes locales du produit TR (volume)
 Q_{tr} : Offre totale de produit TR (volume)

Commerce extérieur

EX_{TRX} : Exportations du produit TRX (volume)
 M_{TRX} : Importations du produit TRX (volume)

Revenu et épargne

YM_H : Revenu des ménages de la catégorie H
 YDM_H : Revenu disponible des ménages de la catégorie H
 YE : Revenu des entreprises
 YG : Recettes courantes totales du gouvernement (valeur)
 SM_H : Epargne des ménages de la catégorie H
 SE : Epargne des entreprises
 SG : Epargne du gouvernement
 TDE : Imposition directe du revenu des entreprises
 TDM_H : Imposition directe du revenu des ménages de la catégorie H
 TI_{TR} : Impôts indirects (nets) grevant la production de la branche d'activité TR (valeur)
 TIM_{TRX} : Recettes douanières à l'importation du produit TRX (valeur) (droits de douane)

Annexe 4 : Les Variables exogènes

DIV_H : Intérêts et dividendes versés par les entreprises aux ménages de la catégorie H
 G : Consommation publique (valeur)
 TS : Offre totale de terre
 ED_{WAT} : Demande d'eau primaire dans le secteur de production d'eau potable WAT
 ED_{IRG} : Demande d'eau primaire dans le secteur agricole irrigué IRG
 TGM_H : Transferts du gouvernement aux ménages de la catégorie H
 TGW : Transferts du gouvernement au Reste du Monde
 $RTF_{H,H}$: Transferts des ménages de la catégorie H aux ménages de la catégorie H
 TWM_H : Transferts du Reste du Monde aux ménages de la catégorie H
 TWG : Transferts du Reste du Monde à l'Etat
 TEW : Revenus du capital versés par les entreprises au Reste du Monde

$P_{wm_{TRX}}$: Prix international en devise du produit importé TRX

$P_{we_{TRX}}$: Prix des exportations libellé en devises TRX

e : Taux de change extérieur nominal

Annexe 5 : Les Paramètres

Fonction de chômage

ee : Désutilité de l'effort

bb : Probabilité d'être renvoyé

qq : Probabilité de détection du tir au flanc

rr : Taux d'escompte

Fonctions de production

A_{TRX}^m : Constante de niveau de la fonction de substitution commerciale

α_{TRX}^m : Paramètre distributif de la fonction de substitution commerciale relatif au volume importé de produit TRX

σ_{TRX}^m : Elasticité de substitution commerciale du produit TRX

ρ_{TRX}^m : Paramètre de la fonction ρ^m de substitution commerciale de produit TRX

B_{TRX}^e : Constante de niveau de la fonction de transformation commerciale

β_{TRX}^e : Paramètre distributif de la fonction de transformation commerciale relatif au volume exporté de produit TRX

τ_{TRX}^e : Elasticité de transformation commerciale du produit TRX

κ_{TRX}^e : Paramètre κ^e de la fonction de transformation commerciale du produit TRX

$aij_{TR,j}$: Volume de l'intrant intermédiaire TR par unité de demande intermédiaire de la branche j

A_{NWAT}^{KL} : Paramètre d'échelle de la fonction de production Cobb-Douglas de la valeur ajoutée des secteurs NWAT (capital-travail)

A_{WAT}^{KL} : Paramètre d'échelle de la fonction de production du facteur composite capital-travail du secteur de production d'eau potable WAT (capital-travail)

A_{NIRG}^{KLT} : Paramètre d'échelle de la fonction de production Cobb-Douglas de la valeur ajoutée des secteurs agricoles non irrigués NIRG (capital-travail-terre)

A_{WAT}^{KLE} : Paramètre d'échelle de la fonction de production Cobb-Douglas à rendements croissants de la valeur ajoutée du secteur de production d'eau potable WAT (composite capital/travail et eau primaire)

s_{WAT} : Paramètre d'échelle mesurant les rendements croissants dans le secteur de production de l'eau potable WAT

A_{IRG}^{KLTE} : Paramètre d'échelle de la fonction de production Cobb-Douglas de la valeur ajoutée du secteur agricole irrigué IRG (capital-travail-terre-eau primaire)

A_{NTR} : Paramètre d'échelle de la fonction de production des services non marchands NTR

α_{WAT}^{KL} : Elasticité de la fonction de production Cobb-Douglas du facteur composite capital-travail dans le secteur de production d'eau potable WAT (part du travail)

α_{WAT}^{KLE} : Elasticité de la fonction de production Cobb-Douglas de la production d'eau potable (part du facteur composite)

α_i : La part du facteur capital dans la fonction de production Cobb-Douglas de la valeur ajoutée des secteurs I

β_{WAT}^{KL} : Elasticité de la fonction de production Cobb-Douglas du facteur composite KL dans le secteur WAT (part du capital)

β_{TR} : Part du facteur travail dans la fonction de production Cobb-Douglas de la valeur ajoutée des branches TR

χ_{IRG} : Part du facteur eau primaire dans la fonction de production Cobb-Douglas de la valeur ajoutée de la branche irrigation

iO_{TR} : Volume d'intrants intermédiaires nécessaire à la production d'une unité du produit i

v_{TR} : Coefficient de valeur ajoutée de la branche j

Taux de taxes

tx_{TR} : Taux d'imposition indirecte intérieure sur le produit TR

tm_{TRX} : Taux d'imposition indirecte douanière sur le produit TRX

ty_H : Taux d'imposition directe du revenu des ménages

ty_e : Taux d'imposition directe du revenu des entreprises

Autres paramètres

$\overline{C}_{TR,H}$: Consommation incompressible des ménages H du produit TR

$\gamma_{TR,H}$: Propension marginale discrétionnaire à consommer du produit TR par les ménages H

λ_{w_H} : Part des revenus du travail reçus par les ménages de la catégorie H

λ_{r_H} : Part des revenus du capital reçus par les ménages de la catégorie H

λ_{l_H} : Part des revenus de la terre reçus par les ménages de la catégorie H

λ_{WAT} : Part des revenus de l'eau primaire reçus par le gouvernement

λ_{WAT_H} : Part des revenus de l'eau primaire reçus par les ménages

λ_{re} : Part des revenus du capital reçus par les entreprises

λ_{row} : Part des revenus du capital versés au reste du monde

ϕ_H : Propension à épargner du ménage H

μ_{TR} : Part en valeur du produit TR dans l'investissement total

δ_j : Part de la valeur ajoutée de la branche d'activité j dans le PIB au coût des facteurs à la situation de référence.

n : Taux de croissance de la population

δ : Taux de dépréciation du capital

ir : Taux d'intérêt réel

γ_{1TR} : Paramètre dans la fonction de demande d'investissement

γ_{2TR} : Paramètre dans la fonction de demande d'investissement

Annexe 6 : Les Ensembles

$i, j \in I = \{RI, RP, MA, PEC, AA, IIE, INIE, EG, PE, BP, BF, DIE, SMIE, SMNIE, SNM\}$

Toutes les branches et produits (*RI* : Riz irrigué, *RP* : Riz pluvial, *MA* : Maraîchage, *PEC* : Pêche, *AA* : Autre agriculture, *IIE* : Industrie intensive en eau, *INIE* : Industrie non intensive en eau, *EG* : Autre énergie, *PE* : Production d'eau potable (SONES), *BP* : Distribution d'eau potable *via* le branchement privé (SDE), *BF* : Distribution d'eau potable *via* la borne-fontaine (SDE), *DIE* : Distribution informelle d'eau potable, *SMIE* : Services marchands intensifs en eau, *SMNIE* : Services marchands non intensifs en eau, *SNM* : Services non marchands).

$$K \in I = \{RI, RP, MA, PEC, AA, IIE, INIE, EG, BP, BF, DIE, SMIE, SMNIE, SNM\}$$

Toutes les branches et produits de I sauf PE

$$TR \in I = \{RI, RP, MA, PEC, AA, IIE, INIE, EG, PE, BP, BF, DIE, SMIE, SMNIE\}$$

Les branches et produits marchands

$$Good \in TR = \{RI, RP, MA, PEC, AA, IIE, INIE, EG, PE, BP, BF, DIE\}$$

Les biens marchands

$$NAG \in TR = \{PEC, IIE, INIE, EG, PE, BP, BF, DIE, SMIE, SMNIE\}$$

Les branches et produits non agricoles

$$AGR \in TR = \{RI, RP, MA, AA\}$$

Les branches et produits agricoles

$$IRG \in AGR = \{RI\}$$

La branche et produit agricole irriguée

$$NIRG \in AGR = \{RP, MA, AA\}$$

Les branches et produits agricoles non irrigués

$$WAT \in NAG = \{PE\}$$

La branche et produit non agricole utilisant l'eau primaire

$$NWAT \in NAG = \{PEC, IIE, INIE, EG, BP, BF, DIE, SMIE, SMNIE\}$$

Les branches et produits non agricoles n'utilisant pas d'eau primaire

$$TRX \in TR = \{RI, MA, PEC, AA, IIE, INIE, SMIE, SMNIE\}$$

Les branches et produits importables et exportables

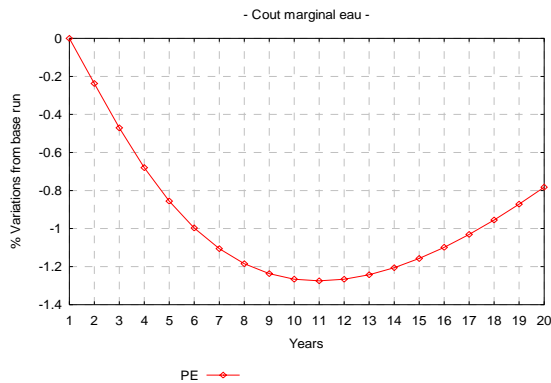
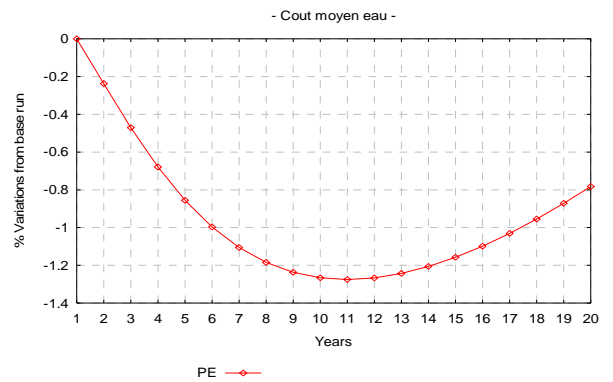
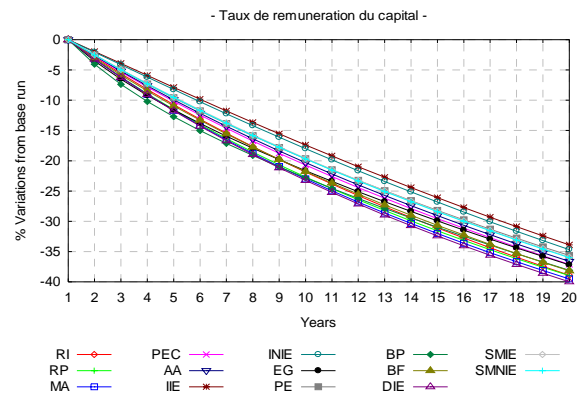
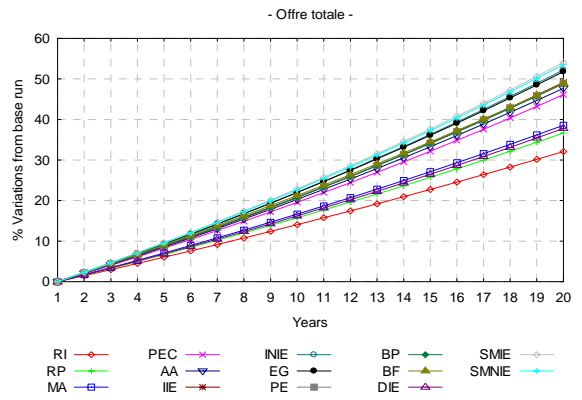
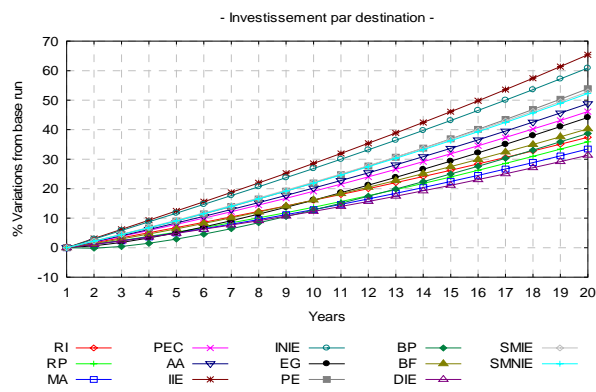
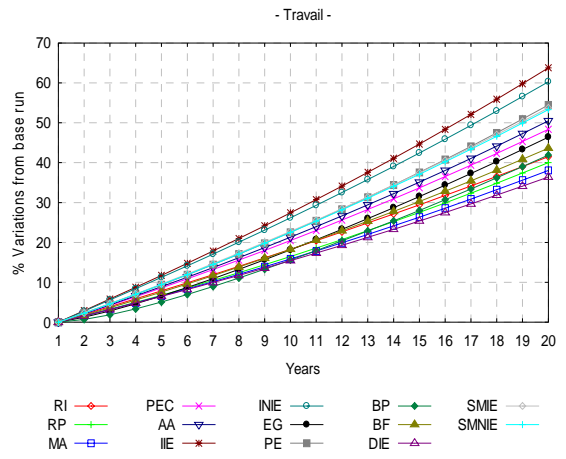
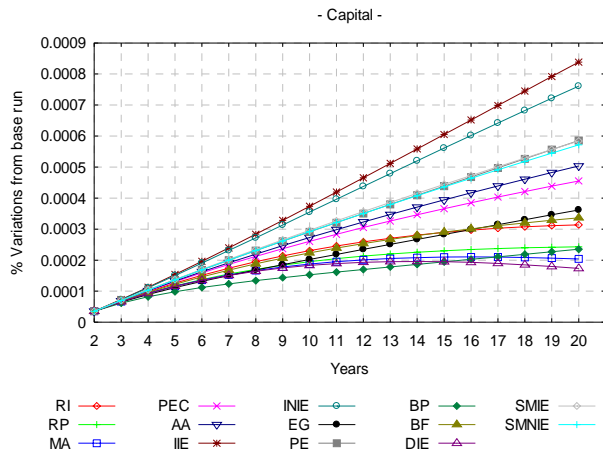
$$H = \{Dakar, ACU, BA, NIAY, CASA, ZSP, SO, FLEUV\}$$

Les ménages (*Dakar*, *ACU* : Autres centres urbains, *BA* : Bassin arachidier, *NIAY* : Niayes, *CASA* : Casamance, *ZSP* : Zone sylvopastorale, *SO* : Sénégal oriental, *FLEUV* : Fleuve)

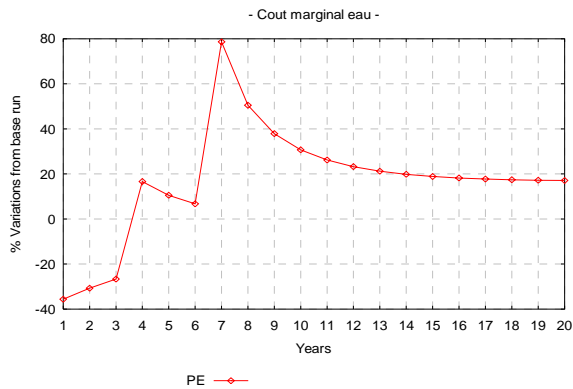
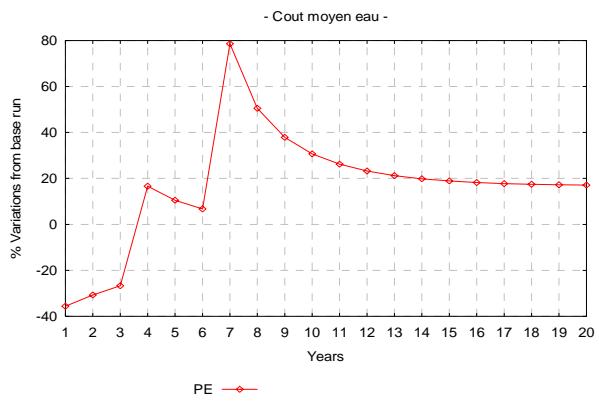
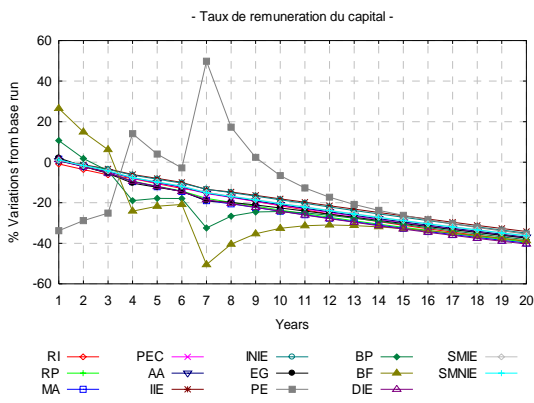
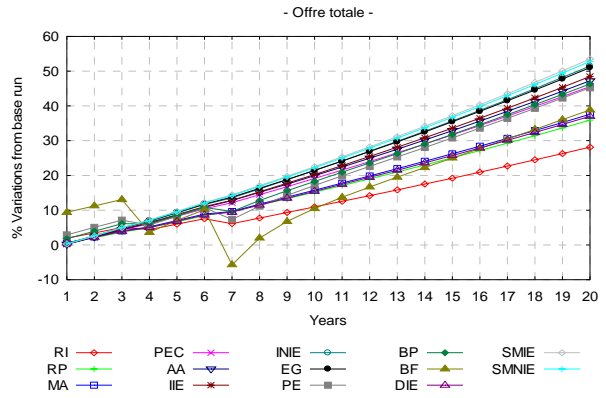
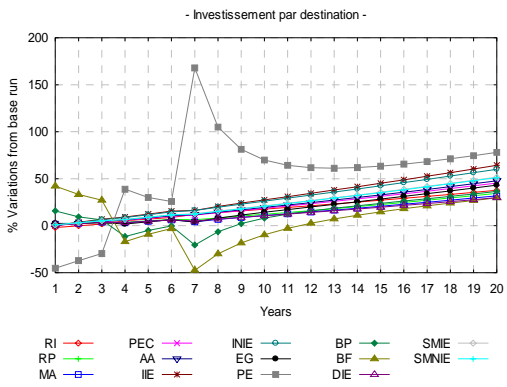
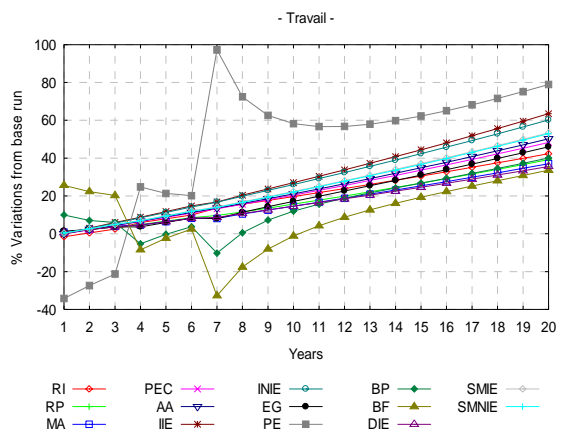
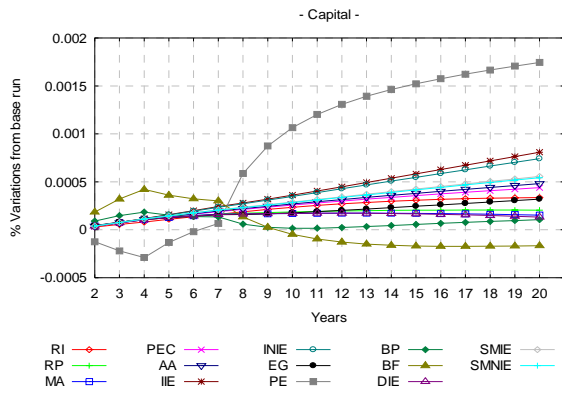
Annexe 8 : Résultats de la simulation des chocs climatiques combinés à la tarification au coût marginal (%)

	RI		RP		MA		PEC		AA		IIE		INIE		EG		PE		BP		BF		DIE		SMIE		SMNIE		
	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	1996	2015	
CM																													
Cm																													
CT																													
P	-7,88	13,2	0,92	0,16	0,4	0,02	0,93	0,18	1,08	0,22	0,23	0,07	0,61	0,12	1,14	0,08	-47,97	-7,82	-14	-2,96	-12	-2,91	1,08	0,23	1,03	0,16	1,2	0,14	
PVA	-8,64	14,4	1,39	0,24	1,53	0,25	1,05	0,21	1,12	0,24	0,74	0,24	1,05	0,21	2,73	0,22	-47,97	-7,82	12,4	0,66	22,19	1,16	1,22	0,27	1,44	0,2	1,65	0,16	
PL	-7,9	13,2	0,92	0,16	0,41	0,01	1,16	0,23	1,11	0,24	0,36	0,11	0,8	0,16	1,14	0,08	-47,97	-7,82	-14	-2,96	-12	-2,91	1,08	0,23	1,12	0,17	1,37	0,16	
PC	-3,95	5,8	0,92	0,16	0,38	0,01	1,07	0,21	0,99	0,21	0,17	0,06	0,48	0,09	1,14	0,08	-47,97	-7,82	-14	-2,96	-12	-2,91	1,08	0,23	1,08	0,16	1,3	0,16	
R	-0,51	0,23	2,1	0,08	2,3	0,17	0,95	0,11	1,16	0,14	0,65	0,23	1,01	0,18	3,08	0,21	-29,65	1,25	15,2	0,74	38,07	1,7	1,97	0,11	1,7	0,14	1,8	0,12	
M	-3,76	8,21			1,38	0,14	2,01	0,44	1,76	0,47	0,64	0,07	1,46	0,47															
D	8,88	-13,8	0,7	0,03	0,76	0,11	0,26	-0,06	0,08	-0,04	0,1	-0,2	0,25	0,12	0,34	0	4,01	1,36	2,45	0,8	13	4,63	0,74	-0,06	0,39	0,23	0,4	0,23	
EX	23,2	-28,6			0,15	0,08	-1,47	-0,69	-1,57	-0,61	-0,44	-0,53	-0,95	-0,3															
XS	8,9	-13,9	0,7	0,03	0,75	0,11	-0,09	-0,19	0,03	-0,06	-0,09	-0,33	-0,04	0,01	0,34	0	4,01	1,36	2,45	0,8	13	4,63	0,74	-0,06	0,25	0,19	0,15	0,18	
Q	2,24	-3,17	0,7	0,03	0,8	0,11	0,4	-0,02	0,27	0,02	0,38	-0,05	0,74	0,27	0,34	0	4,01	1,36	2,45	0,8	13	4,63	0,74	-0,06	0,45	0,23	0,51	0,23	
KD		0,78		0,27		0,23		-0,05		0,11		-0,3		0,08		0,02		30,33		0,67		3,77		0,16		0,3		0,24	
LD	-1,62	0,68	0,96	-0,2	1,16	0,06	-0,17	-0,31	0,03	-0,13	-0,47	-0,4	-0,12	-0,1	1,94	-0,08	-30,43	31,55	13,9	1,36	36,53	5,88	0,83	-0,09	0,56	0,06	0,67	-0,03	
TD	-1,38	0,4	1,21	-0,1	1,4	-0,02				0,27	-0,15																		
KL																													
INV	0	0	0,91	0,56	0	0	0	0	0,84	0,48	1,66	0,72	1,36	0,66	0,69	0,71	0	0	0	0	15,71	5,6	0	0	0,75	0,57	0,54	0,58	
IND	-1,97	1,01	1,91	0,18	2,22	0,35	0,2	-0,03	0,5	0,16	-0,25	0	0,28	0,24	3,4	0,26	-40,76	32,99	22,4	2,06	62,26	7,26	1,72	0,17	1,31	0,36	1,47	0,25	
DIT	2,14	-2,96	0,7	0,03	0,18	0,11	-0,03	0,02	0,02	-0,01	-0,03	-0,16	0,12	0,08	0,08	-0,06	4,01	1,36	0,08	-0,05	0,75	0,1	0,73	0,1	0,11	0,02	0,13	-0,11	
	1996												2015																
w	1,13												0,29																
rt	0,88												0,5																
re1	-45,88												107,27																
re2	-23,47												59,48																
Pkl	-23,86												1,04																
SG	-5,82												-9,74																
IT	1,84												0,79																
EV	1,11												-0,18																
un	-1,5												-0,43																

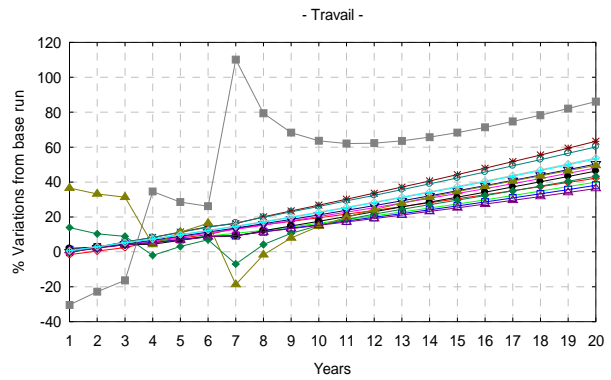
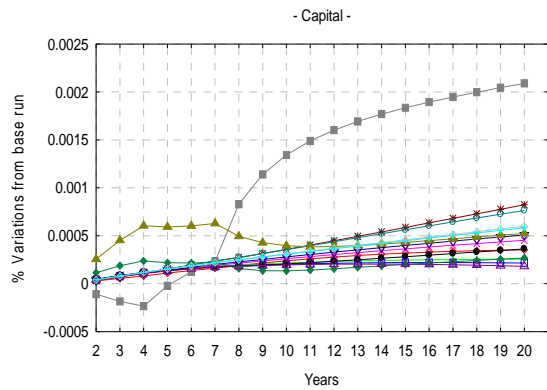
Annexe 9 : Quelques tendances de long terme



Annexe 10 : Quelques résultats des chocs climatiques combinés à la tarification au coût moyen

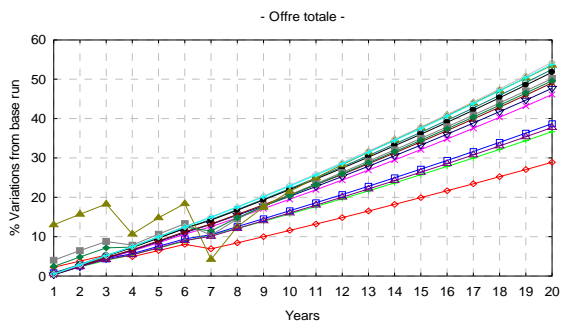
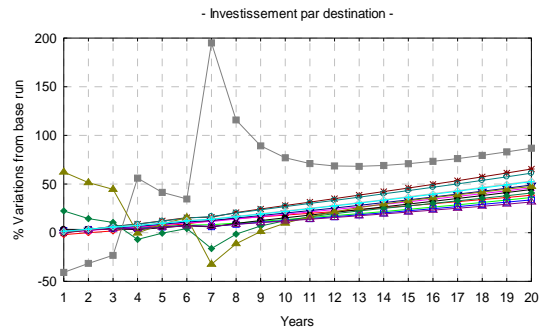


Annexe 11 : Quelques résultats des chocs climatiques combinés à la tarification au coût marginal



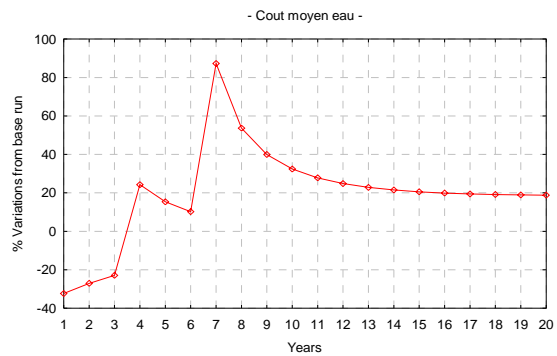
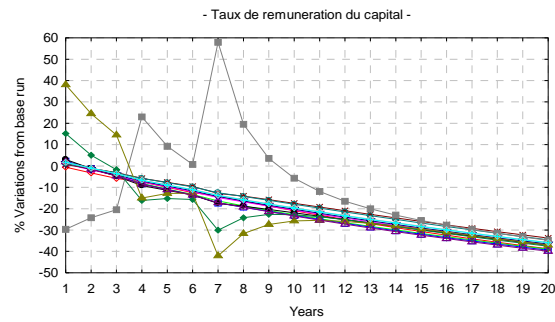
RI —◆— PEC —◆— INIE —○— BP —◆— SMIE —◆—
 RP —◆— AA —◆— EG —●— BF —◆— SMNIE —◆—
 MA —◆— IIE —◆— PE —◆— DIE —◆—

RI —◆— PEC —◆— INIE —○— BP —◆— SMIE —◆—
 RP —◆— AA —◆— EG —●— BF —◆— SMNIE —◆—
 MA —◆— IIE —◆— PE —◆— DIE —◆—



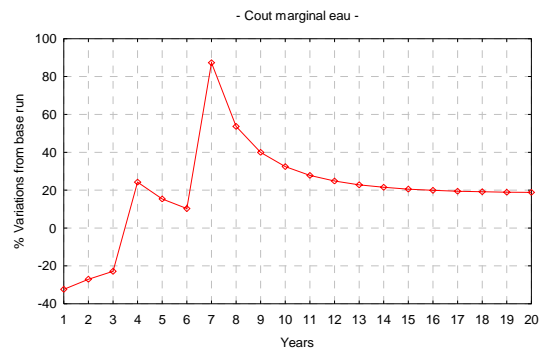
RI —◆— PEC —◆— INIE —○— BP —◆— SMIE —◆—
 RP —◆— AA —◆— EG —●— BF —◆— SMNIE —◆—
 MA —◆— IIE —◆— PE —◆— DIE —◆—

RI —◆— PEC —◆— INIE —○— BP —◆— SMIE —◆—
 RP —◆— AA —◆— EG —●— BF —◆— SMNIE —◆—
 MA —◆— IIE —◆— PE —◆— DIE —◆—



RI —◆— PEC —◆— INIE —○— BP —◆— SMIE —◆—
 RP —◆— AA —◆— EG —●— BF —◆— SMNIE —◆—
 MA —◆— IIE —◆— PE —◆— DIE —◆—

PE —◆—



PE —◆—

Références

ANNABI, N., CISSE, F., COCKBURN, J., DECALUWE, B., (2005), "Trade liberalisation, Growth and Poverty in Senegal: A dynamic Microsimulation CGE Model Analysis", Working Paper, CIRPEE, Laval University, Québec.

ANNABI, N., COCKBURN, J., DECALUWE, B. (2004), "A Sequential Dynamic CGE Model for Poverty Analysis", mimeo, CIRPEE-PEP, Laval University, may.

ANNABI, N., (2003), "Modeling Labor Markets in CGE Models: Endogenous Labor Supply, Unions and Efficiency Wages", mimeo, CIRPEE-PEP, Laval University, may.

BCHIR, H., DECREUX, Y., GUERIN, J-L., JEAN, S. (2002), "MIRAGE, un modèle d'équilibre général calculable pour l'évaluation des politiques commerciales », *Economie Internationale*, n°89-90.

BERCK, A., ROBINSON, S., GOLDMAN, G. (1991), "The use of computable general equilibrium models to assess water policies", in DINAR, A., ZILBERMAN, D. (éd), *The Economic and Management of Water and Drainage in Agriculture*, Boston, Kluwer Academic Publishers.

BOURGUIGNON, F., BRANSON, W.H. and DE MELO, J. (1989), "Macroeconomic Adjustment and Income Distribution: A Macro-Micro Simulation Model", OECD, Technical Paper No.1.

BROOKE, A., KENDRICK, D., MEERAUS, A., (1996), "GAMS, A User's Guide", *GAMS Development Corporation*.

CABRAL, F-J., (2005), « Accord agricole et redistribution des revenus en milieu rural au Sénégal : essai de simulation à l'aide d'un modèle d'équilibre général calculable », Thèse de doctorat en sciences économiques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

COLLIGNON, B., VALFREY, B. (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.

DANSOKHO, M., DIOUF, A. (1999), « Elaboration des Matrices de Comptabilité Sociales pour les années 1992 et 1996 », Ministère de l'Economie et des finances, Unité de Politique Economique, République du Sénégal.

DECALUWE, B., PATRY, A., SAVARD, L. (1999), "When Water is no Longer Heaven Sent: Comparative Pricing Analysis in an AGE Model", CREFA, Cahier de recherche n° 9908.

DECALUWE, B., PATRY, A., SAVARD, L. (1998), "Quand l'eau n'est plus un don du ciel : un MEGC appliqué au Maroc", *Revue d'Economie du Développement*, n°3-4, 149-187.

DECALUWE, B., MARTENS, A., SAVARD, L. (2001), *Les politiques économiques du développement et les modèles d'équilibre général calculable*, Les Presses de l'Université de Montréal.

DIAGNE, A., BRIAND, A., CABRAL, F-J. (2004), “Sector Reforms and Universal Access to Water in Senegal”, UNRISD Project on “Commercialization, Privatization and Universal Access to Water”, Rapport préliminaire, juin.

GOLDIN, I., ROLAND-HOLST, D. (1995), “Economic Policies for Sustainable Resource Use in Morocco”, in *Economics of Sustainable Growth*, I. Goldin et L.A. Winters (ed.), Cambridge University Press, Cambridge, 175-196.

HALL, R. E. and JORGENSON, D. W. (1967), “Tax Policy and Investment Behavior”, *American Economic Review*, vol. 57, 391-414.

JUNG H.S. and THORBECKE, E. (2003), “The Impact of Public Education Expenditure on Human Capital, Growth, and Poverty in Tanzania and Zambia: A General Equilibrium Approach”, *Journal of Policy Modeling*, n°25, 207-235.

MANAGEMENT SYSTEM CONSULTANTS CORP (1998), « Rapport Stratégique-Annexe A-Etude de la demande », Approvisionnement en Eau Potable à Long Terme pour la région de Dakar, IFC.

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.

SHAPIRO, C., STIGLITZ, J-E., (1984), “Equilibrium Unemployment as a Worker Discipline Device”, *American Economic Review*, n°74, 433-444.

SONES (2004), « Rapport d’avancement du projet sectoriel eau au 31 décembre 2003 », Direction de la planification et de l’équipement, janvier, Dakar.

SONES (2003), « Rapport de contrôle de l’activité technique de la SDE : novembre et décembre 2003 », Direction du contrôle de l’exploitation, service contrôle technique et qualité d’eau, décembre, Dakar.

SONES (2002), « Etudes tarifaires – Modèle Castalia : rapport d’actualisation », Direction du contrôle de l’exploitation, service contrôle administratif et commercial, janvier, Dakar.

Enquête Sénégalaise Auprès des Ménages (ESAM) (1995), Sénégal (République du), Direction de la prévision et de la statistique, Dakar.

THABET, C. (2003), « Réforme de la politique des prix de l’eau d’irrigation en Tunisie : approche en équilibre général », Thèse de Doctorat en Sciences économiques, ENSAR, Rennes.

WHITTINGTON, D. (1992), « Possible Adverse Effects of Increasing Block Water Tariffs in Developing Countries », *Economic Development and Cultural Change*, Vol.41, n°1, 75-87.