



**HAL**  
open science

**Politiques tarifaires de l'eau, sécurité alimentaire et  
vulnérabilité climatique au Sénégal : un modèle  
d'équilibre général calculable éclairé par une enquête  
ménages**

Anne Briand

► **To cite this version:**

Anne Briand. Politiques tarifaires de l'eau, sécurité alimentaire et vulnérabilité climatique au Sénégal : un modèle d'équilibre général calculable éclairé par une enquête ménages. Économie et finance quantitative [q-fin]. Université de Rouen, France, 2006. Français. NNT : . tel-02467952

**HAL Id: tel-02467952**

**<https://normandie-univ.hal.science/tel-02467952>**

Submitted on 5 Feb 2020

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

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

**UNIVERSITÉ DE ROUEN**  
FACULTÉ DE DROIT, DE SCIENCES ÉCONOMIQUES ET DE GESTION

« Politiques tarifaires de l'eau, sécurité alimentaire et  
vulnérabilité climatique au Sénégal : un modèle d'équilibre  
général calculable éclairé par une enquête ménages »

THÈSE de Doctorat de Sciences Économiques

Présentée et soutenue publiquement par

Anne BRIAND

Le 2 novembre 2006

Directeur de thèse : Olivier BEAUMAIS, Professeur à l'Université de Rouen

Membres du Jury :

- Jean-Paul AZAM, Professeur à l'Université Toulouse 1
- Bernard DECALUWÉ, Professeur à l'Université Laval (Québec)
- Katheline SCHUBERT, Professeur à l'Université Paris 1 – Panthéon  
Sorbonne

L'UNIVERSITÉ de ROUEN n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

**À la mémoire de ma tendre mère**

**« Ce qui embellit le désert c'est qu'il cache un puits  
quelque part... »**

**(Antoine de Saint-Exupéry, Le Petit Prince)**

# Remerciements

Je tiens à remercier tous ceux qui, à leur manière, ont contribué à l'achèvement de cette thèse.

Je remercie en premier lieu mon directeur de thèse Olivier BEAUMAIS qui a toujours dirigé, avec un très grand respect, mes recherches. J'ai énormément apprécié la confiance qu'il m'a toujours témoignée dans mon parcours d'apprenti chercheur. Ses conseils, qu'ils concernent directement l'orientation de mes recherches ou plus largement, les choix auxquels un jeune chercheur se trouve confronté ont été des plus féconds. Nos discussions scientifiques autour de la modélisation ont toujours été très fructueuses et passionnantes. Qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect et de ma très grande reconnaissance par rapport à ses valeurs aussi bien professionnelles qu'humaines. Ce partage des valeurs m'a permis de travailler avec grande sérénité.

Je remercie Madame Katheline SCHUBERT, Messieurs Bernard DECALUWÉ et Jean-Paul AZAM pour l'intérêt qu'ils ont manifesté à l'égard de mes recherches. Je me sens très honorée qu'ils aient accepté de participer au jury de cette thèse.

Je suis très reconnaissante à l'égard du Professeur Katheline SCHUBERT qui m'a initiée à tous les calculs de la modélisation en équilibre général calculable. Ce cours à l'Université Paris 1 auquel elle m'a permis d'accéder lors de ma première année de thèse m'a formaté l'esprit pour la construction d'un premier modèle théorique. Ce cours m'a apporté un réel soutien scientifique et moral, ce qui est très important pour soulager les angoisses d'un jeune thésard.

Je remercie le Professeur Bernard DECALUWÉ qui m'a littéralement transmis la passion des modèles appliqués. Tout d'abord, le droit d'accès à son cours de modélisation à l'Université Paris 1 m'a permis de rentrer dans le vif du sujet et a généré un véritable déclic dans mon travail. Son extrême pédagogie et sa remarquable capacité à raconter des histoires à travers les modèles m'ont convaincue d'utiliser cet outil pour traiter des problématiques des pays en développement. Je le remercie de la confiance qu'il m'a témoignée en m'offrant l'opportunité de l'assister dans son cours de Modélisation du Développement Économique à l'Université Laval (Québec). Ceci m'a permis d'exercer ma passion de l'écriture des modèles sous GAMS et d'échanger avec les étudiants et les jeunes chercheurs du réseau PEP. Enfin les fructueux échanges sur mon travail de

thèse et sa rigueur infallible m'ont été d'un précieux apport. J'espère que notre collaboration durera très longtemps !

Toute ma reconnaissance au Professeur Abdoulaye DIAGNE (Université Cheick Anta Diop, Dakar) qui m'a offert ma plus grande et enrichissante expérience de vie en me confiant la réalisation de l'enquête sur la distribution d'eau potable à Dakar. Ma passion des questions d'eau en Afrique a pu tout à coup se concrétiser sur le terrain. J'en profite alors pour remercier les bailleurs de fonds, l'UNSRID et le CRDI sans qui l'enquête n'aurait pu avoir lieu ainsi que tous les responsables de la SONES, de la SDE, du Ministère de l'Hydraulique (Mouhamed Fadel NDAW) et de la Banque mondiale qui m'ont donné accès aux archives et aux documents confidentiels. Mais surtout, je n'oublierai jamais tous les enquêteurs si motivés ; les superviseurs, notamment Bougouma pour son professionnalisme, son dynamisme, son efficacité et sa grande humanité ; Babacar, le chauffeur qui, en dépit des inondations, nous a emmené dans les quartiers les plus reculés de Dakar, au point d'en noyer le moteur. Je remercie beaucoup Moussa et Ismaël pour leur aide dans la construction des masques de saisie sous SPSS et ceci dans un temps record.

Je remercie énormément François-Joseph CABRAL qui m'a accueillie très chaleureusement au CREA (Université Cheick Anta Diop, Dakar) lors de mon premier séjour de recherche au Sénégal. Nos discussions scientifiques sur l'économie sénégalaise et les modèles d'équilibre général calculable furent très enrichissantes. Ses conseils méthodologiques très efficaces sur la construction d'une première matrice de comptabilité sociale m'ont permis d'acquérir dans un temps record l'autonomie pour en développer plein d'autres.

Toute ma reconnaissance à l'égard de Muriel TRAVERS (Université de Brest) qui m'a apporté son savoir sur les modèles économétriques de demande. Notre collaboration dans le traitement des données de l'enquête fut très fructueuse et passionnante. Nos valeurs communes de travail nous ont permis d'aboutir rapidement à des résultats scientifiques très intéressants.

Je remercie également tous mes collègues du CARE et de l'Université de Rouen. Tout d'abord, mes Professeurs d'Économie notamment Olivier BEAUMAIS, Jean-Pierre LAVIGNASSE, Arsène RIEBER, Olivier SAINT-MARTIN et Jean-Pierre THUILLIER qui m'ont donné l'envie d'approfondir mes connaissances dans cette discipline. Je remercie Célestin MAYOUKOU de m'avoir intégrée au réseau Analyse Économique et Développement de l'AUF. Morgane CHEVÉ et Ronan CONGAR m'ont apporté de très nombreux conseils scientifiques sur le contenu et le parcours de thèse mais aussi, beaucoup de soutien et de joie lors de nos déjeuners quotidiens. Je

remercie Dominique LE BOURHIS, Christian EUDIER et Valérie pour leur soutien informatique !

J'ai eu beaucoup de plaisir à partager ces quatre années de travail avec les doctorants du CARE en particulier avec Marc PRIETO, Dimitri LAROUTIS, Dorothée MESQUITA, François FALL, Julien LEROY, Albert LESSOUA et Amine BOUTABA.

Plus personnellement, je suis très heureuse d'avoir travaillé quotidiennement, que ce soit la semaine, les week ends et durant les vacances universitaires, avec mes deux amis très chers mais aussi collègues de thèse, Marc PRIETO et Dimitri LAROUTIS. La thèse est un projet autour duquel nous nous sommes véritablement fédérés ! Et merci pour le resto hebdomadaire qui nous réconfortait dans les moments plus difficiles !

Je suis désolée de priver dorénavant ma famille de l'éternelle question de savoir quand cette thèse sera terminée. Mais je crois qu'au fond d'eux-mêmes, ils sont soulagés ! Plus particulièrement, je remercie mon père, Maria et Daniel qui m'ont offert un environnement familial si chaleureux et épanouissant et qui m'ont toujours vivement encouragée et soutenue dans ce projet. Mes pensées vont aussi à ma très chère petite sœur si bienveillante ! Elle m'a apporté tant de joies et de réconfort pour soulager mes moments de doute. Je remercie mon très vieil ami mais aussi beau-frère Mickaël qui m'a toujours soutenue dans mes neuf ans de vie d'étudiante ! Je pense beaucoup à mon neveu Éthan et ma nièce Clara, qui par leurs sourires m'ont donné beaucoup de force. Enfin je remercie Bonne maman, Mamie et mes grands parents qui m'ont toujours soutenue dans ce travail de thèse.

Mes dernières pensées vont à tous mes amis, notamment à Christophe, Séverine, Marc, Justine, Mathilde et Janine ainsi qu'à Marc et Bérénice qui sont venus me soutenir à Québec !

# Sommaire général

<b>Remerciements</b> .....	<b>5</b>
<b>Sommaire général</b> .....	<b>8</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>11</b>
La question de la vulnérabilité climatique des économies d’Afrique subsaharienne .....	11
Conséquences de la sécheresse qui a longtemps touché le Sénégal.....	14
La réforme du secteur de l’eau dans un contexte de pénurie.....	15
La politique d’accroissement de l’offre .....	18
Malgré une politique volontariste d’offre, des risques futurs de désajustements offre demande.....	24
La politique de gestion de la demande .....	28
Les deux principaux objectifs de la recherche .....	34
La première partie de la thèse : une enquête à Dakar pour modéliser la demande en eau potable des ménages (2005).....	34
La deuxième partie de la thèse : la prise en compte des variabilités climatiques et des politiques tarifaires de gestion de la demande dans un cadre EGC.....	37
<b>Première partie Une enquête à Dakar pour modéliser la demande en eau potable des ménages (2005)</b> .....	<b>42</b>
<b>Chapitre 1 Les modèles de la demande en eau potable dans les pays en développement : présentation et résultats de la littérature</b> .....	<b>43</b>
Section 1 : Les modèles des déterminants de la demande <i>ex ante</i> pour un service amélioré d’eau potable .....	46
Section 2 : Les modèles des déterminants de la demande <i>ex post</i> pour les modes d’approvisionnement en eau présents .....	62
Section 3 : Synthèse des facteurs explicatifs du consentement à payer des ménages pour des services améliorés d’approvisionnement en eau potable : résultats des études et discussion des résultats .....	71

<b>Chapitre 2 L'enquête eau Dakar (2005) : objectifs, méthodologie et principaux résultats .....</b>	<b>83</b>
Section 1 : Objectifs, méthodologie et principales étapes de notre enquête eau Dakar (2005) .....	83
Section 2 : Les grands résultats de l'enquête auprès des ménages « eau », Dakar (2005) .....	97
Section 3 : Les résultats concernant le consentement à payer des ménages pour des systèmes améliorés d'eau potable (branchements privés et bornes fontaines) .....	115
Conclusion : « Comparaison » des résultats avec l'enquête de la Banque mondiale (1997) .....	129
<b>Chapitre 3 Un modèle explicatif de la probabilité du raccordement à un branchement privé d'eau des ménages de Dakar (2005) .....</b>	<b>131</b>
Section 1 : Le modèle économétrique utilisé.....	138
Section 2 : Les variables disponibles pour l'analyse de la probabilité d'être raccordé à un branchement privé à partir du questionnaire (enquête eau 2005, Dakar) .....	140
Section 3 : Un premier modèle sans restriction sur les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes .....	151
Section 4 : Un deuxième modèle avec restriction sur les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes .....	158
Conclusion : Comparaison et discussion des résultats des deux modèles au regard de la littérature.....	165
<b>Chapitre 4 Un modèle explicatif de la probabilité que les ménages de Dakar utilisent les bornes fontaines (2005).....</b>	<b>170</b>
Section 1 : Les grandes tendances révélées par l'enquête sur la consommation d'eau des ménages de Dakar aux bornes fontaines (2005) .....	171
Section 2 : Analyse des relations existantes entre les différents modes d'approvisionnement en eau (2005).....	178
Section 3 : Les variables explicatives retenues pour l'analyse .....	184
Section 4 : Un premier modèle sans restriction sur les variables d'opinion des ménages ....	186
Section 5 : Un second modèle avec restriction sur les variables d'opinion des ménages ....	190
Conclusion : Comparaison et interprétation des résultats des deux modèles au regard de la littérature.....	198
Conclusion de la partie enquête eau Dakar (2005).....	201

<b>Deuxième partie La prise en compte des variabilités climatiques et des politiques tarifaires de gestion de la demande dans un cadre EGC.....</b>	<b>203</b>
<b>Chapitre 5 Revue de la littérature des modèles EGC appliqués à l'eau et au Sénégal .....</b>	<b>204</b>
Section 1 : Les modèles EGC appliqués à l'économie sénégalaise .....	205
Section 2 : Les modèles EGC appliqués à la ressource en eau.....	215
Conclusion.....	234
<b>Chapitre 6 La Matrice de Comptabilité Sociale du Sénégal (1996) .....</b>	<b>236</b>
Section 1 : La construction de la MCS, Sénégal (1996) .....	237
Section 2 : Structure de l'économie sénégalaise : les enseignements de la MCS .....	245
Conclusion.....	272
<b>Chapitre 7 SENEAU statique : présentation et résultats des simulations .....</b>	<b>274</b>
Section 1 : Description du modèle SENEAU statique.....	274
Section 2 : Résultats des simulations .....	294
Conclusion.....	337
<b>Chapitre 8 SENEAU dynamique : présentation et résultats des simulations.....</b>	<b>338</b>
Section 1 : Description du modèle SENEAU dynamique .....	340
Section 2 : Résultats des simulations des politiques tarifaires au coût moyen et marginal associées au <i>scenario</i> d'évolution dynamique de la disponibilité des ressource en eau .....	352
Conclusion.....	364
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>366</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>375</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>452</b>
<b>Sommaire détaillé.....</b>	<b>463</b>
<b>Sommaire des tableaux.....</b>	<b>473</b>
<b>Sommaire blocs équations .....</b>	<b>480</b>
<b>Sommaire des graphiques .....</b>	<b>481</b>

# Introduction générale

## La question de la vulnérabilité climatique des économies d'Afrique subsaharienne

La vulnérabilité climatique des économies d'Afrique subsaharienne est principalement liée au problème de disponibilité des ressources en eau.

C'est notamment le cas de l'Afrique de l'Ouest, une région très fortement marquée par des risques aigus de sécheresse. En effet de 1968 à 1998, une réduction importante de la pluviométrie a été notée sur presque toute l'Afrique de l'Ouest, des côtes du Golfe de Guinée au Sahara. Les déficits les plus significatifs ont concerné les régions sahéliennes et soudaniennes. La sécheresse du Sahel de ces trente années était sans précédent tant du point de vue de l'ampleur que de la persistance. Et ceci, bien que la zone ait connu d'autres sécheresses au cours des trois ou quatre derniers siècles, c'est-à-dire bien avant que les activités humaines n'aient pu rompre l'équilibre écologique de la zone.

La longueur de cet épisode de sécheresse, avec une réduction continue sensible de la pluviométrie, a engendré des variations du climat de la région du Sahel au cours du siècle. Les débits des fleuves Sénégal et Niger, ainsi que le niveau du lac Tchad ont enregistré des baisses significatives.

Depuis 1999, l'amélioration sensible de la pluviométrie laisse à penser que cet épisode de déficit pluviométrique ne perdurera pas. Cette amélioration semble constituer une rupture de l'épisode sec. Cependant, il est difficile de dire si elle initie une période humide ou s'il s'agit tout simplement d'une phase de transition climatique.

De nombreux travaux ont tenté d'expliquer les causes de cette variabilité climatique du Sahel. Zheng et Eltahir (1998) concluent que la désertification serait responsable de la déficience persistante de la pluviométrie tandis que la déforestation engendrerait plutôt la variabilité à long

terme de la pluviométrie. Ces travaux montrent que l'Afrique de l'Ouest demeure une région très contrainte par le problème de variabilité climatique et le risque de sécheresse.

La littérature économique reconnaît que les conséquences de la sécheresse peuvent être très néfastes pour les pays d'Afrique subsaharienne. On peut citer des travaux récents publiés par la Banque mondiale (Benson et Clay, 1998). Ces travaux débouchent sur une définition économique intéressante de la sécheresse. D'après les auteurs, la sécheresse économique est définie « comme se rapportant aux effets des précipitations anormalement basses, en dehors des paramètres normaux prévus ». Plus précisément, « son impact dépendrait de l'interaction d'un événement ou d'une anomalie météorologique sur la structure dynamique changeante et la santé de l'économie ».

Les travaux de la Banque mondiale reposent sur des études de cas appliquées à six pays (Burkina Faso, Éthiopie, Kenya, Sénégal, Zambie et Zimbabwe). On pourrait intuitivement penser que les pays très pauvres et à faible revenu seraient plus susceptibles d'être sévèrement touchés par la sécheresse. Cependant, l'examen des composantes du Produit Intérieur Brut (PIB) des pays qui ont souffert d'une forte sécheresse fait apparaître une relation plus complexe entre les effets de la sécheresse et la structure de l'économie du pays.

L'analyse des six études de cas a démontré que certaines caractéristiques de la structure économique, en particulier le niveau de complexité représenté par des relations intersectorielles fortes, sont particulièrement importantes pour déterminer le niveau de vulnérabilité d'un pays à la sécheresse. C'est pourquoi, les auteurs aboutissent à une typologie permettant de distinguer quatre situations de pays en terme de vulnérabilité à la sécheresse. Cette typologie distingue les économies simples, intermédiaires, complexes et dualistes (Benson et Clay, 1998).

Les économies simples seraient « des économies agricoles, d'élevage et de semi subsistance fortement influencées par les pluies, disposant d'une infrastructure limitée, de niveaux de revenus par habitant relativement bas et de niveaux élevés d'auto approvisionnement au sein de la population rurale ». L'impact de la sécheresse dans son ensemble serait particulièrement fort en raison de l'importance relative du secteur agricole. Cependant, compte tenu de relations intersectorielles faibles, de niveaux d'auto approvisionnement élevés et, de secteurs non agricoles relativement petits, les effets multiplicateurs d'un choc de sécheresse dans le reste de l'économie seraient limités. La reprise serait également relativement rapide, grâce au retour de pluies favorables qui restaureraient presque immédiatement les niveaux du PIB à ceux d'avant la sécheresse, si les intrants agricoles étaient disponibles.

Dans les économies intermédiaires, les effets de la sécheresse seraient « très largement répandus dans l'économie » compte tenu d'une plus forte intégration d'ensemble et de relations intersectorielles plus fortes entre les secteurs agricoles et les secteurs manufacturiers naissant. La sécheresse provoquerait un recul des importations de biens intermédiaires. Or ce dernier pourrait avoir des effets additionnels néfastes sur la production domestique. De plus, la reprise de l'activité après la sécheresse pourrait être très retardée si le secteur manufacturier ne parvenait pas à faire face au manque d'intrants et à la lenteur de la relance de la demande. Enfin les implications sur les finances pourraient aussi être graves, si le gouvernement était amené à devoir faire face seul aux principaux coûts des efforts de reprise, plutôt que de compter sur l'aide internationale.

Dans les économies complexes, les effets de la sécheresse seraient « absorbés relativement facilement », en partie parce que l'agriculture contribue faiblement au PIB total, aux exportations et à l'emploi. De plus dans ces économies, les dépenses d'alimentation représentent une très faible part des dépenses totales des ménages.

Enfin dans les économies dualistes, qui disposeraient « de grands secteurs d'extraction minière, l'impact économique de la sécheresse serait limité au secteur agricole avec un faible effet multiplicateur » (à moins que le secteur d'extraction soit très intensif en eau). L'impact macroéconomique de la sécheresse serait faible malgré des effets profonds dans le secteur agricole dont dépend la majorité de la population.

Cette typologie aboutit alors à un résultat contre-intuitif. Une économie dans les premiers stades du développement serait plus vulnérable à la sécheresse et plus sévèrement touchée par le choc climatique qu'une économie moins développée puisque les relations intersectorielles sont plus fortes.

Par conséquent, les auteurs affirment que les pays d'Afrique subsaharienne relativement plus développés seraient beaucoup plus vulnérables à la sécheresse que les pays arides ou moins avancés, en termes d'impacts macroéconomiques et de taux de reprise. Qu'en est-il du Sénégal ?

# Conséquences de la sécheresse qui a longtemps touché le Sénégal

Comme pour le reste du Sahel, l'année 1968 marque le début de la sécheresse au Sénégal. Cette sécheresse, qui constitue la variation climatique majeure de ces dernières décennies, s'est traduite par une accentuation de l'irrégularité de la répartition temporelle (interannuelle et mensuelle) et spatiale de la pluviométrie<sup>1</sup>. La longue sécheresse a donc provoqué une accentuation des variabilités climatiques. Plus précisément, les saisons des pluies sont devenues plus courtes et moins humides, les saisons sèches plus prononcées.

Cette longue sécheresse a entraîné une forte altération du régime hydrique avec comme corollaire une réduction des possibilités d'humectation des sols, une réduction ou disparition des points d'eau, la réduction de la nappe phréatique et un renforcement de la sécheresse.

L'histoire a aussi montré que les cycles de sécheresse au Sénégal ont perturbé les activités économiques surtout dans le monde rural. Elle a entraîné un certain nombre de conséquences très dommageables : baisse de la production agricole, dérèglement du calendrier cultural, famine, exode vers les villes, forte mortalité du cheptel, assèchement des mares et des cours d'eau et, avancée du désert.

Depuis 1999, le Sénégal connaît un retour des années humides et des productions agricoles plus importantes. L'espoir renaît auprès des populations rurales, confrontées à des problèmes de sécheresse depuis trois décennies. Mais le retour des pluies sur plusieurs années consécutives n'autorise pas *a priori* à considérer qu'il s'agit de la fin de la période de sécheresse. Malgré un retour des pluies, la longue période de sécheresse a entraîné le renforcement de la variabilité climatique par une accentuation des phénomènes extrêmes. Enfin malgré une pluviométrie plus favorable ces dernières années, le Sénégal devra encore faire face dans le futur à un risque de désajustement entre l'offre et la demande notamment, en terme d'alimentation en eau potable.

---

<sup>1</sup> En effet, l'année climatique au Sénégal est divisée en deux saisons principales par le critère pluviométrique. La saison dite sèche n'est vraiment sèche que dans l'intérieur du pays tandis que sur le littoral, qui bénéficie d'une humidité relative élevée, la saison est précisément non pluvieuse. Au cours de la saison sèche, des pluies peuvent se produire mais sont généralement faibles, voire insignifiantes, mais il peut advenir qu'elles atteignent exceptionnellement des valeurs élevées. La saison des pluies ou hivernage débute au sud-est du Sénégal, en avril avec l'arrivée de la mousson qui envahit progressivement le pays. Les pluies augmentent d'abord lentement jusqu'au mois d'août où elles culminent ; en septembre, la diminution est marquée, mais elle est ensuite très brutale en octobre.

Le Sénégal, comme tous les pays du Sahel, est donc très contraint par cette forte variabilité de la pluviométrie qui accroît le risque de déficit hydrique et de désajustements entre l'offre et la demande. C'est d'ailleurs dans un contexte de pénurie que le Sénégal a dû engager une réforme de son secteur de l'eau en 1995 pour permettre la mise en place d'une politique volontariste de lutte contre les risques de désajustements offre/demande.

## **La réforme du secteur de l'eau dans un contexte de pénurie**

### **Motivations de la réforme**

La réforme du secteur de l'eau au Sénégal (1995) a été introduite dans un contexte de pénurie d'eau à Dakar qui a duré des années sans qu'une solution rapide ne pût être trouvée. Cette pénurie d'eau était non seulement liée à l'insuffisance des infrastructures de production et de distribution d'eau potable mais aussi, liée à un déficit pluviométrique. Or, cette pénurie d'eau à Dakar était très dommageable pour l'ensemble de l'économie sénégalaise puisque 80% des activités économiques du pays se concentrent dans la capitale. Les efforts qui ont été faits dans les années 80 en matière d'alimentation en eau potable de la capitale se sont révélés très rapidement insuffisants du fait que les nappes d'eau proches de Dakar étaient surexploitées. Compte tenu de la hausse de la demande, il a fallu chercher de l'eau de plus en plus loin mais moyennant des coûts de transport et de distribution de plus en plus importants. Ainsi en 1994, le déficit en alimentation de Dakar en eau potable était de l'ordre de 100 000 m<sup>3</sup> par jour. Beaucoup de quartiers de Dakar connaissaient des ruptures dans la distribution d'eau potable avec, parfois, des services qui n'atteignaient pas 3 heures à 4 heures de temps par jour.

Les besoins d'investissement nécessaires, uniquement pour augmenter la production et faire face à la demande urgente de l'époque, étaient évalués à plus de 60 milliards de FCFA de l'époque. Ces investissements devenaient incontournables pour non seulement accroître la production d'eau potable mais aussi, réhabiliter le réseau de distribution (datant de la colonisation) et, étendre le réseau de la distribution vers les quartiers périphériques de la ville. Le gouvernement sénégalais était incapable de mobiliser le financement nécessaire pour mener une telle politique d'offre. Parallèlement, la société d'eau de l'époque (SONEES<sup>2</sup>) rencontrait de graves problèmes de trésorerie qui l'empêchait d'assurer correctement le service d'eau : ses recettes issues de la vente d'eau étaient trop faibles et insuffisamment collectées (faible taux de recouvrement des factures).

---

<sup>2</sup> SONEES : Société Nationale des Eaux du Sénégal.

Aussi, le Sénégal s'est engagé dans une réforme visant à intégrer le secteur privé dans la production et distribution d'eau potable. Les objectifs de ce partenariat public-privé étaient très clairement définis. Il s'agissait tout d'abord de résorber le déficit en eau potable, de permettre aux populations d'avoir le plus largement possible accès à l'eau et enfin, il fallait que les investissements à réaliser n'aient pas par la suite de répercussions négatives sur le pouvoir d'achat des populations c'est-à-dire que les tarifs soient « socialement » et « économiquement » acceptables.

### **Les acteurs du partenariat public-privé et la répartition des rôles<sup>3</sup>**

Le partenariat public-privé (PPP) associe l'État sénégalais, la SONES<sup>4</sup> (Société publique de patrimoine) et la SDE<sup>5</sup> (société privée). Plus précisément, l'adoption d'une loi (loi n°95-10 du 7 avril 1995) a permis de remplacer la SONEES par les deux sociétés : la SONES et la SDE.

La SONES est une société publique concessionnaire des infrastructures d'eau. Deux éléments ont conduit à ce choix. D'une part, la volonté de distinguer cette société de l'État sénégalais afin d'en préciser les objectifs et de faciliter les aides internationales directement affectées au domaine de l'eau. D'autre part, le souhait de ne pas réaliser de concession avec une entreprise privée, du fait de la connaissance relativement mauvaise de l'état du patrimoine et des investissements à réaliser, qui représentaient un risque trop important pour une société privée.

La SDE est une société de droit privé possédée à 98,5% par le groupe SAUR. Elle a en charge l'exploitation technique et commerciale du réseau, dans le cadre d'un contrat d'affermage.

Le schéma suivant décrit les relations contractuelles qui lient les trois acteurs.

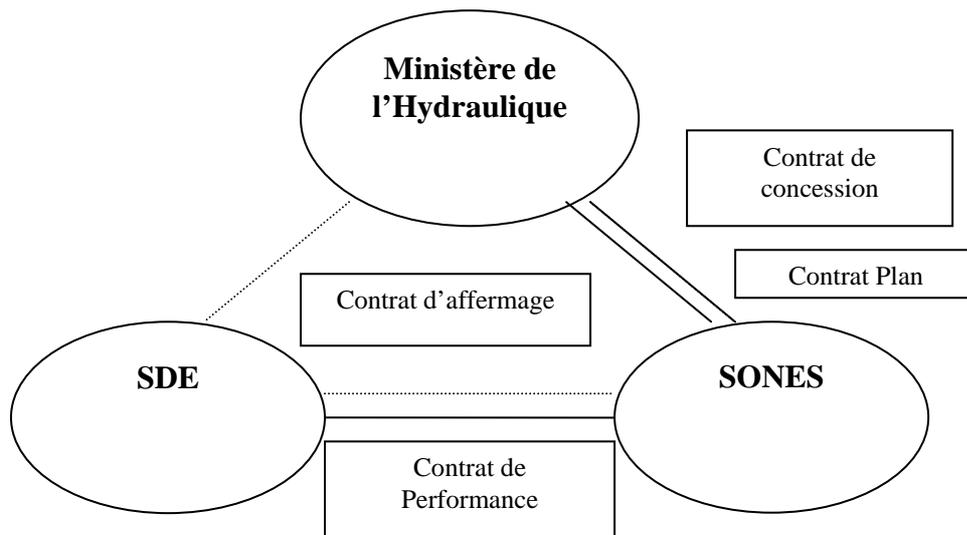
---

<sup>3</sup> Pour une analyse détaillée de l'organisation institutionnelle du secteur de l'eau au Sénégal, on peut se référer aux deux études très complètes réalisées d'une part, par Trémolet (2005) et d'autre part, par Brocklehurst et Janssens (2004) de la Banque mondiale. Pour une analyse plus généralisée aux pays en développement, on peut se référer aux travaux de Ménard (2001).

<sup>4</sup> SONES : Société Nationale des Eaux du Sénégal.

<sup>5</sup> SDE : Société des Eaux du Sénégal, filiale de la SAUR.

## Schéma 1 : Les relations contractuelles entre les trois principaux acteurs du secteur



Source : SDE (2004)

Le premier contrat de concession lie l'État et la SONES. L'État est en charge des orientations générales de la politique de l'eau au Sénégal et garant de la transparence des décisions. La SONES a un rôle de « reporting » de l'action de la SDE auprès de l'État, d'approbation de plans triennaux d'investissement et de maîtrise d'ouvrage des nouveaux investissements. Ce contrat de concession est complété par un contrat de plan, signé entre l'État et la SONES qui définit de façon plus détaillée la programmation des investissements.

Le second contrat est le contrat d'affermage reliant l'État, la SONES et la SDE. Ce contrat a une durée relativement courte de 10 ans, prolongeable 5 ans et est complété par un contrat de performance, établi pour une durée de 3 ans définissant des objectifs quantitatifs en termes techniques et financiers.

Géographiquement, ces contrats couvrent la ville de Dakar ainsi que 55 autres centres urbains, soit 42% de la population du Sénégal. Cette large couverture autorise des péréquations financières importantes entre secteurs géographiques ainsi qu'entre catégories d'utilisateurs (ménages, industriels, administrations, maraîchers).

## La politique d'accroissement de l'offre<sup>6</sup>

La réforme s'est immédiatement accompagnée de la mise en place d'une politique d'accroissement de l'offre. Celle-ci comporte principalement deux volets : le renforcement des ressources en eau pour accroître les capacités de production disponibles de Dakar et la fourniture du service d'eau potable aux ménages (distribution).

### **Premier volet : les deux programmes de renforcement des ressources en eau**

Les deux programmes d'investissements menés depuis 1996 (année de l'entrée en vigueur de la réforme) visent à la fois la production et la distribution d'eau potable.

#### Le PSE (1996-2003)

Le premier grand programme d'investissement mis en œuvre est le PSE (Projet Sectoriel Eau), élaboré en 1996, visait simplement à rattraper le déficit en termes de production et de distribution d'eau potable. Le premier objectif du PSE était l'amélioration de l'accès à 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%. Les investissements ont été de l'ordre de 216 milliards de FCFA, financés par une dizaine de bailleurs de fonds, dont la Banque mondiale (44%) et l'AFD<sup>7</sup> (28%). Ce programme a été consacré à 84% au développement de l'infrastructure d'eau potable. Plus précisément, 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 (1 100 km) et des branchements (60 000, dont 14 000 réhabilités). Ces investissements ont permis de réhabiliter l'usine de Ngnith et de réaliser 11 forages. Mais il s'est révélé à l'issue de trois ans de programme que les investissements ne permettaient que de couvrir le déficit en eau de l'époque et que ce dernier réapparaîtrait dès 2003. C'est pourquoi, un second programme d'investissement a été engagé.

---

<sup>6</sup> Tous les chiffres présentés dans cette section sont issus de rapports de la SDE (2004) et SONES (2004) que nous avons obtenus suite à un entretien avec les responsables du secteur (dont Mouhamed Fadel Ndaw) à Dakar en mai 2004.

<sup>7</sup> AFD : Agence Française de Développement.

## Le PLT (2003-2007)<sup>8</sup>

En 2003, un nouveau programme d'investissement, le Plan Sectoriel à Long Terme est engagé afin d'anticiper sur la demande future en évitant qu'un nouveau déficit réapparaisse. Ce programme prévoit l'engagement de 300 milliards de FCFA, financé à 52% par la Banque mondiale. Le PLT est avant tout un programme de renforcement des ressources en eau. Les montants sont d'abord investis dans la station de traitement de Keur Momar Sarr à Guéoul. L'objectif est de doubler la capacité de traitement de l'usine de Keur Momar Sarr (KMS) en prévision de la demande à échéance 2007-2009. (65 000 m<sup>3</sup> par jour d'eau traitée en 2003 et un objectif pour 2007 de 65 000 m<sup>3</sup> par jour supplémentaires). Les montants ont aussi été investis pour poser une canalisation sur 70 km entre la station de traitement KMS et Guéoul, pour la construction d'un supprimeur à proximité de Mékhé de façon à porter la capacité de transit de l'adduction au niveau des ressources qu'elle collecte et enfin, pour le renforcement de 10 000 m<sup>3</sup> de la capacité du réservoir de Thiès qui assure la fonction de régulation de la production de Ngnith et KMS.

Il est important de préciser que la stratégie consiste à privilégier l'exploitation des eaux de surface plutôt que celle des eaux souterraines. En effet, les eaux souterraines de la zone ouest de l'aquifère du Maastrichtien ont largement été surexploitées au moment où il a fallu rétablir d'urgence la continuité du service public de l'eau à Dakar. De plus, leur dégradation est devenue presque irréversible. En effet la qualité des eaux souterraines est devenue compromise par :

- 1) Le problème de salinité dans la zone ouest du Maastrichtien lié à la surexploitation des nappes ;
- 2) Le problème des nitrates lié d'une part, à la pollution des eaux usées domestiques et d'autre part, à la pollution causée par l'utilisation d'engrais par les maraîchers ;
- 3) Le problème de fer, à l'origine de l'« eau rouge » dénoncée par les abonnés domestiques et résultant de dépôts d'oxyde de fer formés dans les canalisations.

C'est pourquoi, le programme vise essentiellement le renforcement de la capacité en eau de surface afin d'une part, d'accroître la capacité globale de production pour Dakar et d'autre part, de réduire les prélèvements en eaux souterraines. La stratégie vise à privilégier la production d'eau potable à partir du lac de Guiers au moyen des stations de traitement de Gnith et de KMS. Et

---

<sup>8</sup> SDE (2004).

ceci malgré leur coût de production plus élevé que pour la moyenne des forages. L'objectif est clairement de réduire les prélèvements d'eaux souterraines au strict nécessaire au maintien de la continuité du service.

Compte tenu de ces programmes de renforcement des ressources (extension des capacités de production grâce aux programmes d'investissements engagés), il apparaît qu'entre 1996 et 2006, les ressources en eau disponibles pour Dakar auraient augmenté de 83%<sup>9</sup>. La part des ressources en eaux souterraines dans la capacité de production disponible aurait été réduite de 80% à 38% (voir annexe 1).

## **2<sup>ème</sup> volet : La fourniture du service d'eau potable aux ménages<sup>10</sup>**

Les deux grands programmes d'investissement (PSE et PLT en cours d'exécution), qui ont accompagné la réforme du secteur, auraient aussi permis à ce jour de développer considérablement le service de distribution d'eau potable à travers une politique de raccordement très volontariste et d'extension du réseau des bornes fontaines, notamment dans les quartiers périphériques de Dakar.

### **Bilan en terme de taux de desserte**

Les autorités sénégalaises considèrent qu'au bout de 10 ans de réforme, le bilan en terme de fourniture du service d'eau potable apparaît satisfaisant. Le secteur de l'hydraulique urbaine du Sénégal est perçu, dans la communauté internationale, comme relativement performant. En effet entre 1996 et 2005, le nombre de clients de la SDE a augmenté de 60%, passant de 250 000 à 400 000 grâce à un effort très important de branchements domiciliaires. Les taux d'accès par branchement sont les plus élevés parmi l'Afrique subsaharienne (SDE, 2004). Le taux de branchement domiciliaire est de 71% en milieu urbain. 76% de la population de Dakar aurait accès à l'eau par des branchements particuliers. Ceci s'explique par la politique très volontariste menée par la SDE en termes de branchements.

D'après les données sectorielles à la fin 2003, les taux de desserte sont estimés par la SONES à 85% pour Dakar et de 78% pour l'ensemble des autres centres urbains, représentant environ 35%

---

<sup>9</sup> De 192 000 à 353 000 m<sup>3</sup>/jour.

<sup>10</sup> SDE (2004).

de la population du pays. Précisons que le taux de desserte est déterminé sur la base du nombre de branchements individuels et de bornes fontaines, avec des ratios de 9 personnes par abonné et de 300 personnes par borne fontaine.

Un bilan positif apparaît aussi en terme de lutte contre le gaspillage puisqu'il y a 10 ans, les pertes avoisinaient 32% de l'eau du réseau tandis qu'aujourd'hui elles ne représentent que 20%. Cette diminution des pertes s'explique par la réhabilitation d'une partie du réseau.

### Le programme de lutte contre la pauvreté du volet « fourniture du service d'eau potable »

L'objectif de l'État sénégalais est d'offrir sur le long terme la possibilité à chaque ménage de disposer d'un branchement particulier, c'est-à-dire un branchement amenant l'eau au sein de l'habitation. L'accès des ménages les plus pauvres est devenu, avec la réforme du secteur, une réelle priorité. D'après les données sectorielles (SONES, 2004 et SDE, 2004), de grands progrès en terme d'accès des populations les plus défavorisées auraient été faits entre 1996 et 2003. Cependant en 2003, le DSRP<sup>11</sup> (2003-2005) fixe, pour objectif prioritaire en matière d'alimentation en eau potable, d'augmenter encore de 12% le taux d'accès à l'eau potable à l'horizon 2010. Précisons que dans le DSRP, ce taux est estimé à 70% en considérant qu'un point de distribution est accessible s'il est situé à moins de 15 minutes à pied ou à moins d'un kilomètre.

Pour répondre à l'objectif, la SDE s'est engagée depuis 1996 dans un vaste programme d'amélioration de la desserte en eau potable des ménages les plus défavorisés. Ce programme comporte essentiellement deux volets :

- Un programme d'extension des réseaux d'alimentation en eau potable associé à un programme de branchements sociaux fortement subventionnés (quasi gratuité) ;
- L'installation de nouvelles bornes-fontaines dans les quartiers mal desservis ;

Bilan en terme d'extension des réseaux de distribution et des branchements sociaux :

Depuis 1996 (date de la privatisation de la gestion du secteur), les réseaux de distribution ont été étendus sur environ 1 100 km, soit une augmentation de 23%.

---

<sup>11</sup> DSRP : Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté.

Comme dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest, un programme de branchements sociaux (fortement subventionnés) a été mis en place au Sénégal pour permettre l'accès au réseau des populations relativement pauvres (Lauria, Hopkins (2003) ; Debomy (2005)). En effet de nombreux ménages ne disposent pas des ressources financières suffisantes pour payer le branchement (dont le coût est en moyenne de 100 000 FCFA à 200 000 FCFA soit 150 euros à 300 euros). Si ces ménages remplissent les conditions d'accès au programme alors ils bénéficient gratuitement de la connexion au réseau. Les conditions d'accès au programme de branchements sociaux ont été définies de sorte à favoriser au maximum la réalisation de branchements. Elles sont très peu restrictives. En effet pour pouvoir bénéficier du programme, il faut :

- 1) Ne pas être riche, condition difficile à vérifier dans un pays où les sources de revenu informelles sont très importantes ;
- 2) Détenir un titre de propriété de son habitation ;
- 3) Que la réalisation du branchement ne nécessite pas de traverser un terrain privé ;
- 4) Être situé à moins de 20 mètres de la conduite principale ;
- 5) Payer une caution de 13 000 FCFA, au titre d'avancement sur consommation.

En pratique, la deuxième condition pose des difficultés dans les quartiers non stabilisés. C'est pourquoi la SONES a assoupli cette condition en autorisant le branchement si le demandeur bénéficiait d'une lettre de recommandation rédigée par le chef de quartier. De même, la quatrième condition représente pour certains quartiers une contrainte trop forte. La SONES a autorisé les usagers demandeurs d'un branchement social à se regrouper, afin de faciliter l'opération de telle sorte que la longueur à poser par usager n'excède pas 20 mètres.

La SDE est plutôt incitée à développer le nombre de branchements, qu'ils soient sociaux (financés par la SONES) ou normaux (financés par le nouvel abonné). En effet dans les deux cas, les coûts de fourniture et de pose du branchement lui sont payés. En dix ans (1996-2005) environ 105 000 branchements sociaux ont été installés gratuitement. La subvention (coût) moyenne par branchement social est estimée à environ 100 000 FCFA. Sur la période (1996-2005), le coût global de la réalisation des 105 000 branchements sociaux a été quasi-intégralement supporté par des financements extérieurs.

Ces extensions et programmes de branchements ont bénéficié aux quartiers jusque là non desservis, et notamment aux populations les plus défavorisées. Bien que des zones prioritaires aient été initialement définies pour pouvoir bénéficier d'un branchement subventionné, la majorité des demandes (90%) a finalement été prise en compte. Ainsi, 74% des branchements

installés sur la période 1996-2003 ont été installés gratuitement (SDE, 2004). Cependant l'absence d'information sur les ménages bénéficiaires ne permet pas d'en évaluer l'incidence réelle sur les populations les plus défavorisées.

Bilan en terme d'extension du réseau des bornes-fontaines :

Les bornes fontaines sont des points d'eau situés dans l'espace public et auprès desquels les populations non raccordées viennent directement s'approvisionner. Leur gérant peut être un employé de la société de distribution d'eau, un travailleur indépendant, un délégué d'une association d'usagers ou encore un représentant d'ONG<sup>12</sup>. Il est soit rémunéré par un salaire fixe soit par un salaire variable correspondant à la différence entre le prix payé à l'opérateur et le prix facturé au client final.

Les ménages s'alimentant aux bornes-fontaines sont généralement des ménages ne disposant pas de branchement au réseau d'eau potable. Il peut s'agir aussi de ménages dont l'abonnement a été suspendu/résilié pour factures impayées. La plupart d'entre eux s'alimentent aux bornes-fontaines pour leur besoin en eau potable.

Les bornes fontaines ne constituent pas un mode d'approvisionnement marginal. En 2002, le secteur estimait que 18% de la population de la zone couverte par la SONES/SDE s'approvisionnait auprès de ces bornes (SDE, 2004). D'après les données sectorielles, le nombre de bornes-fontaines est passé de 2 620 à 4 250 entre 1996 et 2003, soit une augmentation de 60%. Elles ont été entièrement ou partiellement financées (50%) par des bailleurs de fonds, et par des gérants privés ou ONG (SDE, 2004).

Cependant, on constate qu'à ce jour le nombre de bornes-fontaines inactives est relativement élevé (entre 15 et 20%). Ceci semble traduire une desserte non optimisée du réseau. Le faible volume moyen facturé par borne-fontaine active (650 m<sup>3</sup> par an contre 2 000 m<sup>3</sup> dans d'autres pays de la région), confirme ce phénomène.

L'ensemble des bornes-fontaines représente moins de 10% du volume facturé à l'ensemble des ménages et environ 15% de celui facturé au tarif de la tranche sociale (SDE, 2004). En se basant sur une faible consommation moyenne par habitant comprise entre 18 et 20 litres par jour du fait

---

<sup>12</sup> ONG : Organisations Non Gouvernementales.

de la possibilité de s'approvisionner à des forages privés<sup>(13)</sup>, la population desservie par les bornes-fontaines peut être estimée entre 620 000 et 680 000 habitants, soit environ 10% de la population des centres desservis.

## Malgré une politique volontariste d'offre, des risques futurs de désajustements offre demande

En dépit des nombreux investissements engagés pour le renforcement des ressources en eau et l'extension des capacités de production et de distribution d'eau potable, des déficits hydriques menacent le Sénégal. La présentation de l'évolution de la demande et des capacités d'offre débouche sur des pénuries futures d'eau potable.

### Évolution de la demande

Sur la base des consommations unitaires des populations, sur la base des besoins des industries, une étude<sup>14</sup> (*Management system consultants corp*, 1998) a établi une projection de la demande en eau sur une période de 30 ans. Les projections de demande définissent les besoins en eau futurs, compte tenu de l'évolution de la population à Dakar et de l'évolution des activités économiques (voir tableau 1).

**Tableau 1 : Étude de la de demande en pour Dakar à l'horizon 2030 - hypothèses**

	croissance	1996	2000	2010	2020	2030
<b>Démographie</b>						
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

### 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%

<sup>13</sup> La consommation moyenne par habitant s'alimentant uniquement à une borne-fontaine est comprise entre 25 et 30 litres par jour.

<sup>14</sup> *Management system consultants corp* (1998) a produit l'étude de la demande en eau à l'horizon 2030 en collaboration avec les autorités sénégalaises, la SONES et la Direction de l'Hydraulique.

### 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

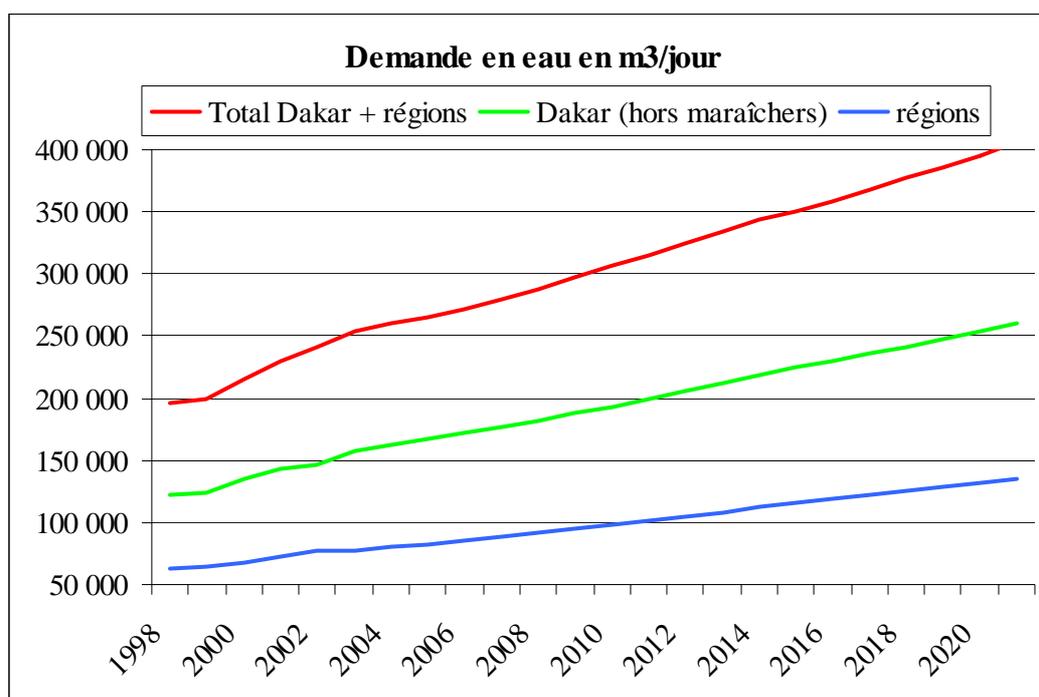
### Demande en eau non domestique en mètres cubes par jour en 1996 et en 2030

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

Le tableau ci-dessus montrent que dans l'hypothèse moyenne, on devrait observer à l'horizon 2030, un doublement de la population, une hausse de 50% de la consommation domestique d'eau potable (au branchement, aux bornes fontaines et autres) et, une hausse d'environ 300% de la consommation d'eau industrielle et commerciale. Au total, la consommation d'eau à Dakar (hors irrigation) devrait plus que doubler. Des évolutions semblables devraient être marquées dans les autres régions du Sénégal. D'où un doublement de la demande d'eau au Sénégal à l'horizon 2030 (voir graphique ci-dessous).

Graphique : Évolution de la demande en eau au Sénégal (1998-2030)



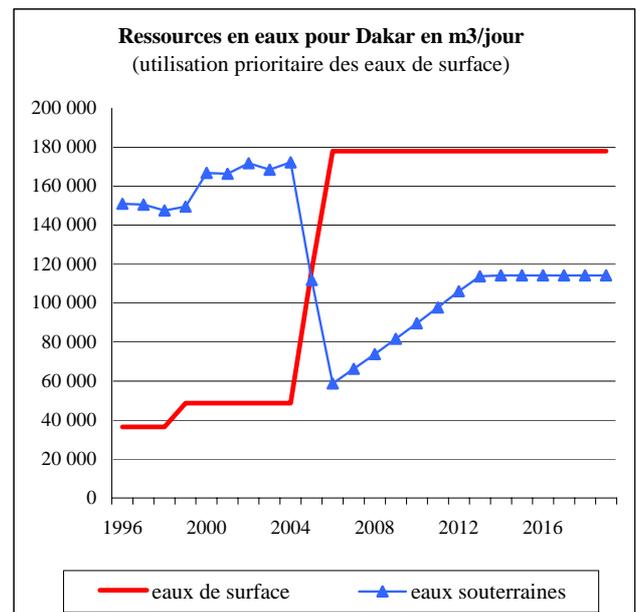
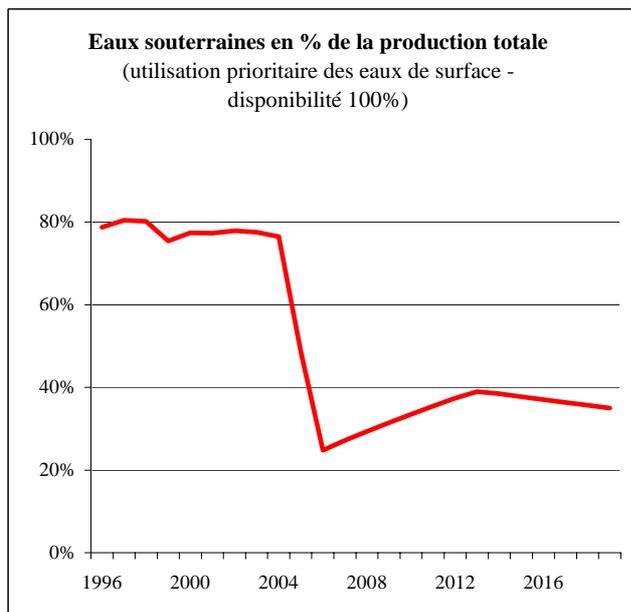
Source : *Management system consultants corp*, 1998

## Évolution des capacités d'offre

Du côté de l'offre, la question porte plus sur la disponibilité des ressources en eau que sur les capacités de production et de distribution, bien que de nouvelles infrastructures devront se développer pour permettre une plus grande mobilisation des ressources.

Compte tenu de la stratégie actuelle en terme de mobilisation des ressources en eau (*via* les programmes d'investissement en cours), les évolutions sont les suivantes (voir graphique ci-dessous). Il apparaît qu'en 2006, les prélèvements annuels d'eaux souterraines sont réduits au tiers environ des prélèvements en 2002 (173 000 m<sup>3</sup>/jour en 2002 et 50 000 m<sup>3</sup>/jour en 2006). Ils augmenteront ensuite progressivement pour satisfaire la demande en eau jusqu'à atteindre le prélèvement maximal fixé (voir ci-dessus). Ce prélèvement maximal, qui serait atteint en 2015, resterait inférieur de 31% environ au prélèvement moyen annuel de 2002 173 000 m<sup>3</sup>/ jour en 2002 et 117 000 m<sup>3</sup>/jour en 2015.

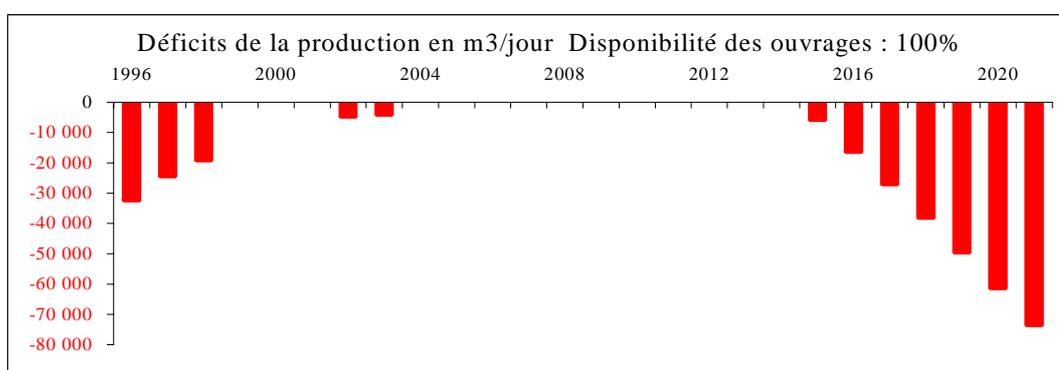
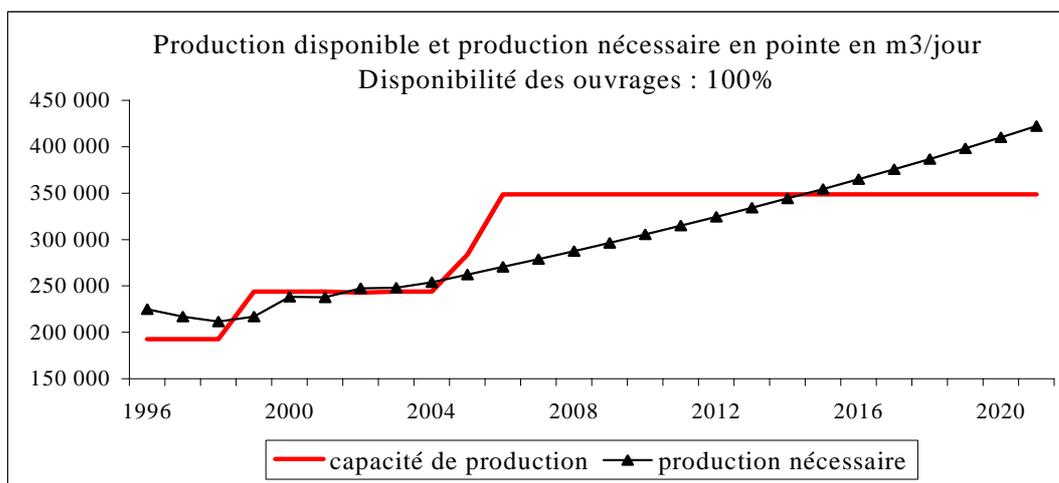
Graphiques : Évolution de l'utilisation des ressources en eaux pour Dakar (1996-2020)



Source : *Management system consultants corp*, 1998

L'étude (*Management system consultants corp*, 1998) montre qu'en adoptant un taux de disponibilité des équipements de production<sup>15</sup> de 100%<sup>16</sup>, ce qui est naturellement optimiste, un déficit de production apparaît en 2015 et ce, malgré la mise en place de la deuxième phase de KMS (voir graphiques ci-dessous).

## Les déficits hydriques futurs



Source : *Management system consultants corp*, 1998

Les graphiques ci-dessus montrent qu'en 2015 la production nécessaire pour répondre à la demande sera supérieure aux capacités de production : un déficit hydrique apparaît clairement.

<sup>15</sup> Taux de disponibilité : le temps de fonctionnement journalier est de 24 heures. Les coupures d'électricité, les opérations de maintenance, l'insuffisance des capacités de régulation de la production sont des facteurs de réduction du taux de disponibilité.

<sup>16</sup> Les hypothèses sous jacentes aux calculs d'anticipation de la demande sont les suivantes :

- 100% de disponibilité des ouvrages de production ;
- 14 000 m3/jour de prélèvements des maraîchers ;
- Un rendement de facturation de Dakar de 81,5% à partir de 2005 ;
- L'évolution de la demande décrite par l'étude présentée (*Management system consultants corp*, 1998) ;
- L'utilisation des eaux souterraines, comme indiqué précédemment ;
- Et une utilisation prioritaire des ouvrages de production d'eau de surface.

Ceci signifie que de nouvelles ressources devront être mobilisées pour l'alimentation en eau de Dakar. Signalons que l'étude prévoit que si le rendement maximal de facturation de Dakar est réduit de deux points (de 81,5% à 79,5%), le déficit de production apparaît un an plus tôt. En revanche, si tous les maraîchers cessent tout prélèvement d'eau potable sur l'adduction du lac de Guiers, l'échéance à laquelle il faudra renforcer les ressources en eau serait retardée de plus d'un an.

Ces déficits hydriques pourraient être encore plus importants si la pluviométrie venait à se dégrader. En effet, compte tenu de la forte variabilité pluviométrique qui affecte le Sénégal, le risque d'une sécheresse future, à l'horizon 2015, n'est pas écarté, loin de là. Et ceci, en dépit d'une amélioration relative des pluies ces dernières années. Compte tenu des risques d'apparition de pénuries d'eau et de l'évolution dynamique de la demande croissante, la réforme du secteur s'est alors accompagnée par la mise en place d'une politique de gestion de la demande.

## **La politique de gestion de la demande**

Malgré les programmes d'investissements menés visant à accroître les capacités de stockage, nous avons vu que le Sénégal prévoit un déséquilibre entre l'offre et la demande de long terme. Ces risques anticipés de désajustements offre demande ont conduit à ce que la réforme du secteur (1996) s'accompagne aussi d'une politique de gestion de la demande.

Cependant dans le contexte du Sénégal (économie en développement), la mise en place d'une politique de gestion de la demande est difficile à mettre en place parce qu'elle implique souvent une augmentation du prix de l'eau, impopulaire en raison de son impact sur les bas revenus. En effet comme nous l'avons déjà dit, le gouvernement s'est engagé parallèlement dans un programme de lutte contre la pauvreté qui vise à poursuivre un objectif social, celui de l'accès pour tous à l'eau potable (SDE, 2004).

Dès 1998, les objectifs poursuivis par le gouvernement sénégalais à travers sa politique tarifaire de l'eau sont les suivants (Castalia, 2002) :

- L'atteinte de l'objectif d'équilibre budgétaire du secteur (en 2003) *via* une augmentation annuelle du prix de l'eau entre 1998 et 2003 ;
- 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. L'idée est de fournir un volume minimal d'eau pour satisfaire des besoins de base ;

- Ne pas handicaper l'économie du pays en faisant supporter aux entreprises l'essentiel de l'augmentation tarifaire nécessaire à l'équilibre budgétaire du secteur ;
- Particulièrement dans un contexte de rareté de la ressource en eau, inciter le consommateur à surveiller le niveau de sa consommation.

## L'objectif du prix moyen de l'eau défini au moment de la réforme

Suite à la réforme, l'objectif tarifaire défini par la SONES 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 2,96% par an (en monnaie courante). Le tableau 2 ci-dessous présente le tarif moyen cible de l'eau sur la période 1999-2003 en FCFA courants par mètre cube et hors taxes.

**Tableau 2 : Objectif de tarif moyen pour l'eau (FCFA courants HT)**

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

Source : Castalia, 2002.

## Les composantes du prix de l'eau

Au Sénégal, les barèmes sont uniques pour l'ensemble des centres du périmètre affermé (péréquation géographique). Le prix de l'eau se compose actuellement de cinq éléments (SDE, 2004) :

- La TVA de 18% ;
- La taxe versée au Fonds National de l'Hydraulique (FNH) ;
- Le prix Patrimoine destiné à couvrir les frais de fonctionnement et d'investissement propres à la SONES (siège, véhicules, systèmes de gestion), la charge du service de la dette pour financer les infrastructures et un fonds d'investissement destiné aux renouvellements à la charge de la SONES et à l'extension du réseau ;

- Le prix Exploitant destiné à couvrir les frais de fonctionnement de la SDE, le remboursement de la dette et les investissements sur fonds propres : matériels d'exploitation, obligations contractuelles en matière de renouvellement ;
- La taxe d'assainissement destinée à couvrir les frais de fonctionnement de l'ONAS<sup>17</sup> à l'exception de la collecte des eaux pluviales théoriquement financée par les communes. Cette composante ne s'applique qu'aux villes assainies, soit environ 60% du volume d'eau facturé.

L'évolution des différentes composantes du prix moyen TTC<sup>18</sup> de l'eau potable entre 1996 et 2002 est présentée dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Évolution des différentes composantes du prix moyen de l'eau potable (FCFA/m<sup>3</sup>)**

FCFA/m <sup>3</sup>	1996 (mai)	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Evol. 96-02
Prix moyen TTC	380	396	414	430	450	453	456	3.1%
dont taxes (TVA et FNH)	29	30	38	37	41	41	41	6.1%
Prix moyen hors taxes	351	366	376	393	409	412	415	2.8%
- redevance patrimoine	101	110	117	136	144	143	141	5.7%
- prix exploitant	235	240	240	235	243	246	251	1.1%
- prix ONAS	28	28	35	37	41	43	45	8.4%

Source : SDE (2004)

Le tableau ci-dessus montre qu'en réalité sur la période 1996-2002, l'augmentation annuelle moyenne du prix de l'eau a été de 3,1%. Cette évolution résulte d'une augmentation moyenne des taxes sectorielles (+6,1%), du prix Patrimoine (+5,7%), de la taxe d'assainissement (+8,4%) et du prix Exploitant (+1,1%).

Ainsi à partir de 2003, l'équilibre budgétaire du secteur est assuré grâce à l'atteinte du prix moyen cible de l'eau potable.

<sup>17</sup> ONAS : Office National d'Assainissement.

<sup>18</sup> TTC : Toutes Taxes Comprises.

## Le choix d'une structure tarifaire progressive de l'eau

Le Sénégal comme la plupart des pays en développement, a choisi une tarification progressive de l'eau potable (Brocklehurst, Janssens, 2004). L'idée sous-jacente est d'assurer pour tous l'accès à une quantité minimale d'eau à un coût raisonnable. Cette structure tarifaire consiste à facturer aux ménages les premiers m<sup>3</sup> à un prix très faible, afin de répondre aux besoins vitaux (boisson, hygiène). Puis les tranches suivantes de consommation (de confort), sont facturées à un prix plus élevé. Enfin les consommations au dessus d'un certain seuil sont tarifées à un prix dissuasif, afin de décourager le gaspillage d'une ressource limitée.

Pour les abonnés domestiques, il existe trois tranches (tranche sociale, tranche pleine et tranche dissuasive) pour lesquelles le tarif varie dans un rapport de un à quatre (voir tableau 4 suivant).

Les abonnés non domestiques (administrations, industries) payent un tarif correspondant au tarif de la tranche dissuasive car ils sont considérés comme ayant un pouvoir d'achat suffisant pour pouvoir payer un prix de l'eau plus élevé. Enfin les maraîchers, qui utilisent l'eau à des fins d'irrigation, bénéficient d'un tarif faible lorsque leur consommation ne dépasse pas un quota Q, puis une tarification croissante dans le but d'encourager une économie de la ressource.

**Tableau 4: Grille tarifaire au 1er janvier 2003**

Catégorie de consommateurs	Total TTC en FCFA/m <sup>3</sup>
Abonnés domestiques	
Tranche sociale (<20 m <sup>3</sup> /bimestre)	191,32
Tranche pleine (20 à 40 m <sup>3</sup> /bimestre)	629,88
Tranche dissuasive (>40 m <sup>3</sup> /bimestre)	788,67
Bornes fontaines	322,31
Abonnés non domestiques	788,67
Maraîchers	
<Quota Q	131,37
Compris entre Q et 2Q	507,84
> 2Q	788,67

Source : SDE (2004)

## La question des effets redistributifs de la grille tarifaire

La grille tarifaire génère alors des subventions croisées entre les différentes catégories de consommateurs. En effet si le coût moyen de l'eau est de 419 FCFA<sup>19</sup>, il est facturé en moyenne à 286 FCFA aux maraîchers, 372 FCFA aux usagers domestiques et 639 FCFA aux usagers non domestiques. Ces différences de prix font que certaines catégories payent davantage pour subventionner les autres catégories.

Comme nous l'avons dit précédemment, en 2003, les ménages disposant d'un branchement bénéficiant pour leurs consommations inférieures à 20m<sup>3</sup> par bimestre, d'un tarif fortement subventionné (60%). Ce tarif dit social s'élève à 191,32 FCFA/m<sup>3</sup> (SDE, 2004). C'est le plus faible des pays de la région. Cette tranche sociale correspond à une consommation de 100 litres par jour pour une seule personne (profil de consommation des personnes à haut revenu) ou, à 22 litres par jour pour un ménage de 15 personnes.

Le tableau 5 ci-dessous présente l'évolution entre 1996 et 2002 des subventions croisées versées aux consommations dans la tranche sociale par les gros consommateurs domestiques et les abonnés professionnels. Ces subventions croisées atteignent en 2002 le montant de 8,5 Milliards de FCFA et ont doublées depuis 1996 (SDE, 2004).

**Tableau 5 : Évolution des subventions croisées aux consommations dans la tranche sociale depuis 1996**

	Unités	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Volume facturé aux abonnés privés	M m <sup>3</sup>	55.4	57.4	60.5	61.7	67.3	73.6	77.3
% consommation tranche sociale	%	45%	47%	49%	52%	54%	56%	58%
Volume facturé 1ère tranche	M m <sup>3</sup>	24.9	27.1	29.9	31.8	36.1	41.1	44.8
Prix moyen eau (hors taxe)	FCFA/m <sup>3</sup>	324	337	340	357	368	369	370
Prix 1ère tranche	FCFA/m <sup>3</sup>	148	153	158	164	170	174	179
Subvention tranche sociale	FCFA/m <sup>3</sup>	175	184	183	193	198	195	190
Subvention versée	M FCFA	4 370	4 989	5 458	6 134	7 141	8 003	8 532

Source : SDE (2004)

<sup>19</sup> Données 2005-2006 en motant HT (SDE).

Cette structure tarifaire progressive telle qu'elle existe aujourd'hui, avec une tranche sociale fortement subventionnée, pose deux problèmes :

1) Tout d'abord on s'interroge sur l'intérêt économique d'une subvention aussi élevée pour une tranche sociale, qui par définition, est peu discriminante et bénéficie à l'ensemble des ménages. D'après la littérature les politiques à objectif « social » de l'eau, fondées sur une structure tarifaire progressive (avec tranche sociale), n'auraient pas véritablement permis aux populations à faible revenu de bénéficier massivement ni durablement du service d'eau à domicile. Ces instruments se seraient plutôt révélés inefficaces en Afrique subsaharienne, ou parfois elles auraient même généré un résultat inverse à l'objectif poursuivi (Whittington, 1992 ; Morel à l'huissier, 1990). 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 ; Whittington, 1992) montrent que des effets indirects participent à une redistribution inverse des revenus des plus pauvres aux plus riches, contrairement à l'objectif poursuivi. Les enquêtes de terrain menées dans les quartiers irréguliers en Afrique de l'Ouest (Collignon, Valfrey, 1998) montrent qu'il est fréquent que plusieurs ménages pauvres 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 riche disposant de son propre branchement. En effet un ménage riche disposant de son propre branchement consomme un faible volume d'eau le faisant bénéficier du tarif social. Tandis que les ménages pauvres consommant un volume très élevé d'eau au même branchement doivent supporter le tarif dissuasif.

2) Le deuxième problème provient du constat suivant : le tarif de 322,31 FCFA/m<sup>3</sup> facturé aux fontainiers est moins subventionné (40%) que le tarif social au branchement privé (SDE, 2004). En effet, l'eau distribuée par les bornes fontaines est vendue à un prix intermédiaire entre le tarif de la tranche sociale et de la tranche pleine. Ceci interroge sur le bien fondé d'un prix à la borne fontaine supérieur à celui de la tranche sociale. Les populations ayant accès à l'eau des bornes fontaines à Dakar sont *a priori* des populations qui ne peuvent pas être raccordées au réseau pour deux raisons. Premièrement, elles n'en ont pas les moyens financiers. Deuxièmement, elles sont trop éloignées géographiquement. Ce tarif défavorise les ménages s'alimentant aux bornes-fontaines.

Le bilan sur les politiques de l'offre et de la demande, ainsi que la question de la vulnérabilité du Sénégal aux variations pluviométriques, motivent le choix des deux principaux objectifs de notre recherche.

## **Les deux principaux objectifs de la recherche**

1) Dix ans après la réforme du secteur, nous souhaitons établir un bilan en terme d'accès des ménages au branchement privé et aux bornes fontaines, décrire la structure des modes d'approvisionnement en eau à Dakar et, mesurer le consentement à payer pour des services améliorés. Nous souhaitons aussi définir les déterminants de la demande avérée des ménages pour le branchement privé et les bornes fontaines.

2) Au regard de l'évolution dynamique de la disponibilité des ressources primaires en eau, nous recherchons alors la politique de gestion de la demande (tarification coût moyen *versus* coût marginal) qui permet de mieux gérer la rareté et les risques futurs de pénurie. Plus encore, nous recherchons la politique qui permet de mieux contrecarrer les effets négatifs, sur l'économie sénégalaise, des risques de déficit hydrique mais aussi, de lutter contre l'insécurité alimentaire en maintenant une production agricole suffisamment élevée et enfin, d'augmenter l'accès des ménages au service d'eau potable.

## **La première partie de la thèse : une enquête à Dakar pour modéliser la demande en eau potable des ménages (2005)**

Afin de comparer les « performances » du secteur en terme de fourniture du service d'eau potable aux ménages (telles que décrites dans les rapports de la SONES et de la SDE) avec la réalité, nous avons décidé de mener une enquête auprès de 300 ménages dans différents quartiers de Dakar.

### **L'intérêt de mener une enquête**

Plus précisément, cette enquête vise quatre principaux objectifs :

- 1) Établir en 2005 un bilan des politiques d'offre et de gestion de la demande, mises en place suite à la réforme du secteur, en terme d'accès des ménages aux services

améliorés d'eau potable. Il s'agit de constater si, comme le prétendent des données sectorielles (SONES, SDE), il existe une évolution notable de l'accès des ménages au branchement privé et aux bornes fontaines ;

- 2) Déterminer la structure réelle des modes d'approvisionnement en eau des ménages de Dakar en 2005 et expliquer les déterminants de la demande pour les services améliorés (branchement privé et bornes fontaines) ;
- 3) Compte tenu des hausses tarifaires encore probables pour financer les investissements engagés dans le cadre du PLT, nous souhaitons étudier le consentement à payer des ménages pour les services améliorés d'eau potable ;
- 4) Réutiliser ces caractéristiques du marché de distribution d'eau potable dans un cadre EGC<sup>20</sup>.

## Structure de la première partie

Le premier chapitre présente les résultats économétriques de la littérature sur les modèles de demande en eau potable des ménages pour des services améliorés d'eau potable dans les pays en développement. Nous distinguons les modèles de demande *ex ante* reposant sur le consentement à payer des ménages, des modèles de demande *ex post* qui cherchent à expliquer la demande avérée pour les services améliorés d'eau potable. Notre enquête s'inspire de cette littérature.

Le second chapitre présente les objectifs, la méthodologie et les principales étapes de l'enquête que nous avons menée à Dakar en 2005. Les grands résultats sur la structure des modes d'approvisionnement en eau sont décrits ainsi que l'ensemble des résultats relatifs au consentement à payer des ménages pour des services améliorés d'eau potable.

Le troisième chapitre de la thèse présente deux modèles économétriques expliquant la probabilité que les ménages de Dakar soit ou non raccordés au branchement privé en 2005. Ainsi nous mettons en évidence les déterminants de la demande avérée des ménages raccordés au réseau.

Le quatrième chapitre présente deux modèles explicatifs de la probabilité que les ménages de Dakar utilisent ou non les bornes fontaines en 2005. Ces modèles révèlent les caractéristiques des ménages qui, en dépit des grands programmes de raccordements sociaux menés depuis la réforme du secteur, continuent à recourir massivement aux bornes fontaines.

---

<sup>20</sup> EGC : Équilibre Général Calculable.

À l'issue de la première partie, il apparaît qu'en 2005, dix ans après la privatisation du secteur, trois principales sources d'approvisionnement en eau demeurent coexistantes : le branchement privé, les bornes fontaines et l'informel (revente de voisinage incluse). De plus, le prix de l'eau au branchement privé apparaît trop élevé pour de nombreux ménages.

Ces constats issus de notre enquête eau Dakar (2005) nous amènent à nous interroger sur le bien fondé d'un tarif de base au coût moyen (tel qu'il existe aujourd'hui).

## **La question du bien fondé du choix d'un tarif de base au coût moyen**

Les résultats de notre enquête nous amènent à nous demander si la question préalable qui doit être posée ne serait pas celle du tarif de base (cible) sur lequel la structure progressive de la tarification de l'eau 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 en 1996 puis progressivement atteint en 2003 apparaît élevé au regard des autres pays d'Afrique. Il est proche de celui rencontré dans les 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 la 2<sup>ème</sup> partie de la thèse, sur la question du choix du tarif de base sur lequel cette structure repose (coût moyen *versus* coût marginal). Le cadre EGC permet de prendre en compte tous les mécanismes d'interdépendance générale et des effets de rétroaction des décisions des agents sur la structure de la production et de la demande.

# **La deuxième partie de la thèse : la prise en compte des variabilités climatiques et des politiques tarifaires de gestion de la demande dans un cadre EGC**

## **L'intérêt du cadre EGC pour étudier la vulnérabilité du Sénégal face aux risques de pénuries d'eau**

Conformément aux prévisions présentées, nous nous interrogeons sur les impacts d'un déficit hydrique au Sénégal. Quel est le degré de vulnérabilité du Sénégal face à la sécheresse ? En effet, nous avons montré qu'en dépit de l'extension des capacités de production et de distribution d'eau potable (grâce aux programmes d'investissements engagés dans le cadre du PSE et PLT), le Sénégal devrait connaître à partir de 2015 des déficits hydriques importants compte tenu de l'évolution de la demande (croissance économique) et de la croissance démographique. Or, ces déficits hydriques pourraient être pires encore si des aléas climatiques conduisaient à une baisse de la pluviométrie.

Dans un premier temps, un modèle EGC statique va nous permettre de mesurer tous les effets de rétroaction d'un choc de sécheresse au Sénégal. Nous simulerons d'une part, une sécheresse (baisse de la disponibilité du facteur eau primaire) n'affectant que l'agriculture (le riz irrigué plus précisément) et d'autre part, une sécheresse plus globale touchant aussi le secteur de production d'eau potable (baisse de la disponibilité du facteur eau primaire). L'idée est de déterminer le niveau de vulnérabilité du Sénégal à la sécheresse. Compte tenu des relations intersectorielles, nous mesurerons l'ensemble des impacts microéconomiques et macroéconomiques de ces deux niveaux de sécheresse.

Puis dans un second temps, un modèle EGC dynamique va nous permettre de simuler un *scenario* plus sophistiqué de variabilité de la disponibilité de la ressource primaire dans le temps. Sur un horizon de 20 ans, nous simulerons :

- 1) Une première phase d'accroissement de la disponibilité de la ressource. Celle-ci se justifie à la fois par les politiques d'accroissement de l'offre qui permettent une plus grande mobilisation de la ressource primaire mais aussi, par la

- tendance actuelle à une hausse de la pluviométrie (les pluies de ces dernières années sont plus abondantes que la moyenne) ;
- 2) Une seconde phase caractérisée par une stabilité de la disponibilité de la ressource ;
  - 3) Une troisième phase marquée par l'apparition de déficits hydriques. Celle-ci se justifie à la fois par les prévisions d'une demande future supérieure aux capacités d'offre (compte tenu de l'évolution démographique et du développement économique) mais aussi, par des risques futurs de sécheresse.

## **L'intérêt du cadre EGC pour traiter la question de la politique tarifaire de gestion de la demande**

Nous rappelons qu'avec une forte croissance de la demande en eau, les gouvernements sénégalais 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 (PSE et PLT). Mais parallèlement, l'idée d'une rationalisation de l'utilisation de la ressource par une meilleure gestion de la demande s'est développée. C'est pourquoi, une politique tarifaire de l'eau potable a rapidement accompagné la politique de l'offre. Il s'en est alors suivi une augmentation du prix de l'eau potable de 3% par an entre 1996 et 2003. Cette hausse tarifaire visait à la fois l'atteinte de l'équilibre budgétaire du secteur mais aussi la volonté de rationaliser la demande.

Cette hausse tarifaire de l'eau potable 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, comme le montre les résultats de l'enquête. 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. Seule une approche EGC permet de mesurer tous ces effets.

## Originalités des deux modèles EGC (statique et dynamique)

### Une désagrégation de la distribution d'eau potable

Compte tenu d'une part, des résultats de l'enquête qui montrent la coexistence importante de trois modes d'approvisionnement (branchement privé, borne fontaine et informel) et d'autre part, d'une forte hétérogénéité des prix de l'eau selon le mode, il apparaît essentiel de représenter dans le cadre EGC un marché de distribution d'eau potable avec ces trois segments.

C'est pourquoi les deux modèles (SENEAU statique et SENEAU dynamique), destinés à mesurer les impacts de variabilité climatique sur les ressources en eau et des politiques alternatives de gestion de la demande (tarification coût moyen *versus* coût marginal), intégreront ces trois segments de distribution d'eau potable afin d'observer les effets de substitution entre les trois modes d'approvisionnement (branchement privé, borne fontaine et informel) suite aux chocs.

### Un secteur de production d'eau potable en monopole naturel

La particularité des deux modèles est qu'ils modélisent un secteur de production d'eau potable en monopole naturel. En effet, ce secteur 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, nous considérons dans nos deux modèles EGC (statique et dynamique) que la tarification de l'eau à l'année de référence 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 en effet 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 nos modèles EGC. Pour assurer la survie du secteur, nous considérerons alors que cette tarification de l'eau s'accompagne du versement par l'État d'une subvention à la société de production d'eau potable afin de financer son déficit. Compte tenu de la fiscalité pré-existante dans nos deux modèles EGC, nous n'introduirons pas de nouvelle taxe pour financer cette subvention. La question cruciale que nous nous poserons est celle des effets en équilibre général (en présence d'une fiscalité distordante) 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'État. Mais la seconde pourrait permettre d'accroître l'accès des ménages et le bien être total.

## Structure de la deuxième partie

La deuxième partie de la thèse propose alors deux modèles EGC (statique et dynamique) avec une désagrégation de la distribution d'eau potable en trois segments telle que révélée par l'enquête, destinés à mesurer les impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau et des politiques alternatives de gestion de la demande (tarification coût moyen *versus* coût marginal).

Le chapitre 5 offre une revue de la littérature des modèles EGC appliqués au Sénégal et aux problématiques de l'eau.

Le chapitre 6 expose la méthodologie utilisée pour construire une MCS<sup>21</sup> du Sénégal adaptée à notre problématique et apporte une analyse descriptive de la structure de l'économie sénégalaise et du secteur de l'eau à l'année de référence.

---

<sup>21</sup> MCS : Matrice de Comptabilité Sociale.

Le chapitre 7 présente le modèle SENEAU statique conçu pour simuler l'impact d'une sécheresse et de la mise en place d'une politique tarifaire de l'eau potable au coût marginal sur l'économie sénégalaise, ainsi que les résultats des simulations effectuées.

Enfin le chapitre 8 présente le modèle SENEAU dynamique conçu pour simuler les évolutions de long terme de la disponibilité des ressources en eau (offre) au regard de la croissance démographique (demande), associées à deux options de politique de gestion de la demande (tarification coût moyen *versus* coût marginal). L'intérêt est de comparer les effets des chocs climatiques combinés aux deux options de politique tarifaire de gestion de la rareté, à court terme et à plus long terme.

# Première partie

## Une enquête à Dakar pour modéliser la demande en eau potable des ménages (2005)

# Chapitre 1

## Les modèles de la demande en eau potable dans les pays en développement : présentation et résultats de la littérature

L'objectif de ce chapitre est de présenter les principaux résultats des études économétriques qui ont cherché à modéliser la demande en eau potable des ménages raccordés et non raccordés dans les pays en développement. Plus précisément, ces études mettent l'accent sur les déterminants de la demande des ménages pour un approvisionnement au branchement privé (robinet à domicile), à des points d'eau (bornes fontaines, puits privés ou publics) ou enfin, à des revendeurs informels.

En effet, le trait caractéristique du marché de l'eau dans les pays en développement réside dans l'existence de relations de concurrence et de complémentarité entre ces différents modes d'approvisionnement. Certains relèvent d'une offre de service « moderne » et souvent qualifiée d'« améliorée » (branchements domiciliaires et point d'eau collectifs) tandis que d'autres sont fournis par des sources traditionnelles et « gratuites » telles que les puits, les sources, l'eau de pluie, les rivières ou marigots. Enfin, d'autres encore sont proposés par des opérateurs souvent informels sous forme de livraison à domicile d'une eau qu'ils se procurent eux-mêmes de façons diverses.

Concernant la question de l'approvisionnement en eau potable des ménages du Sud, la question clef qui s'est posée dans la littérature a été de chercher à prédire la réponse des consommateurs à un service nouveau ou amélioré auquel ils n'avaient pas accès précédemment ou dont ils n'avaient pas l'expérience des caractéristiques. Un approvisionnement en eau domiciliaire ou par points d'eau collectifs, une augmentation de tarif ou une fiabilité améliorée en sont des exemples (Briscoe *et alii*, 1990 ; *World Bank Water Demand Research Team*<sup>22</sup>, 1993). Pour répondre à ces

---

<sup>22</sup> Objet et méthodologie de la recherche de la *Water Research Team* (Banque mondiale) :

questions, il existe alors principalement deux approches. L'approche directe (évaluation contingente de la demande) consiste à enquêter un échantillon représentatif d'utilisateurs potentiels et à leur demander ce qu'ils sont prêts à payer pour différents types et niveaux de service. L'approche indirecte consiste à collecter des données sur les comportements actuels observables (quantités d'eau prélevées à différentes sources d'approvisionnement, temps passé à la collecte, coût supportés) puis à en inférer, à l'aide de modèles fondés sur la théorie de la demande des consommateurs, le montant que ces derniers seraient disposés à payer pour un système amélioré.

La méthode d'évaluation contingente permet alors de mesurer le consentement à payer des ménages pour un service qui n'existe pas encore. Cette situation est typiquement celle dans laquelle l'on se trouve lors des études d'avant-projet, qui vont déterminer la faisabilité d'un projet de réseau d'approvisionnement en eau visant à créer un service (réseau neuf) ou à l'améliorer (extensions, densification, nouveaux branchements ou implantations de bornes fontaines). Le marché pour ce service est virtuel, hypothétique. Dans la mesure où son existence dépend de la réalisation effective du projet, il est de nature « contingente ».

La plupart des études qui ont été menées dans la littérature, dont nous présentons les résultats dans ce chapitre, reposent sur la recherche des déterminants du consentement à payer des

---

Les études financées par la Banque mondiale pour aborder ces questions ont été menées en Amérique Latine (Brésil), en Afrique (Nigéria et Zimbabwe), et en Asie du sud-est (Pakistan et Inde). Dans trois des cinq études, des sites variés de plusieurs régions du pays ont été étudiés. Les sites brésiliens incluaient une zone relativement prospère aux ressources en eau abondantes dans l'Etat du Parana (sud-est) ainsi qu'une zone pauvre et soumise à la sécheresse dans l'Etat de Ceara (nord-est). Au Pakistan, trois zones d'études ont été sélectionnées dans l'Etat du Pendjab : l'une dotée de ressources en eau de bonne qualité et facilement accessibles ; une autre de nappes peu profondes mais saumâtres ; la troisième dans une zone aride où les ressources étaient relativement profondes et inaccessibles. En Inde (Etat de Kerala), une zone possédait des ressources abondantes et de bonne qualité, une seconde un aquifère abondant mais salé, une troisième souffrait d'une pénurie de ressources.

Les chercheurs ont utilisé à la fois des méthodes indirectes et directes (évaluation contingente) pour étudier comment les ménages effectuent leur choix parmi les sources d'approvisionnement. L'approche indirecte a fait appel à des techniques économétriques du choix discret pour modéliser les décisions des ménages et pour en déduire une estimation des bénéfices tirés par les ménages de leur choix. L'approche directe a consisté à demander aux ménages qui ne disposaient pas d'une source en eau améliorée (borne fontaine publique ou branchement domiciliaire par exemple) ce qu'ils utiliseraient si celle-ci était fournie moyennant des conditions qui leur étaient spécifiées, et combien ils seraient prêts à payer pour en bénéficier. Le protocole indicatif de la recherche a identifié deux catégories de village pour l'étude. Dans les villages du type A, les ménages avaient déjà la possibilité de se connecter à un réseau de distribution ; quelques uns avaient fait ce choix, d'autres non. Dans ces villages, une approche indirecte a été utilisée pour évaluer les déterminants des décisions domestiques. Parfois, des enquêtés dans les villages de type A étaient interrogés sur leur volonté de payer pour diverses améliorations dans le service et sur leur réponse à différentes propositions de tarifs. Dans les villages de type B, aucun système de distribution d'eau n'était encore disponible, quoi que parfois en projet. Une série de questions hypothétiques était posée aux ménages de ces villages, leur demandant s'ils choisiraient d'utiliser un système amélioré s'il était offert à un prix spécifié (et à un certain coût de raccordement). Des techniques économétriques étaient encore utilisées pour analyser les déterminants de leurs réponses.

Puis, dans le Sud d'Haïti et dans le district de Newala en Tanzanie, des enquêtes d'évaluation contingente ont été menées dans des villages du type B pour déterminer la volonté de payer des ménages pour des services améliorés. Au Kenya, une étude du choix des modes d'approvisionnement a été menée dans un village de type A (Ukunda), mais aucune question d'évaluation contingente n'a été posée.

ménages pour un accès à un branchement privé ou à une borne fontaine (deux systèmes d'approvisionnement améliorés par rapport aux sources traditionnelles que sont les puits ou les revendeurs informels). Ces études reposent sur des enquêtes d'évaluation contingente qui interrogent les ménages sur un service futur. On comprend dès lors qu'il existe une littérature abondante sur ce sujet puisque les organisations internationales et les gouvernements des pays du Sud ont souhaité, à partir des années 90, développer de vastes programmes d'extension des réseaux de distribution d'eau potable pour permettre aux populations un meilleur accès au service et à une eau de qualité. Ces programmes ont à la fois visé à raccorder les ménages au branchement privé mais aussi à développer le service *via* les bornes fontaines. Pour cela, de nombreux investissements privés et publics ont été engagés, ce qui a motivé la question du consentement à payer des ménages afin de déterminer dans quelle mesure la tarification de l'eau de ces différents services pouvaient contribuer au financement des investissements ou au recouvrement des coûts (surtout dans un contexte de privatisation du secteur de distribution d'eau potable dans certains pays). Cette littérature présente alors des modèles de demande qui mettent en avant les déterminants qui influencent la demande *ex ante* pour un branchement privé ou l'utilisation des bornes fontaines. Dans les deux cas, il s'agit de rechercher les déterminants de la demande pour des systèmes améliorés futurs.

Cependant quelques études (souvent plus récentes) mettent en évidence, toujours à partir de modèles économétriques, des caractéristiques qui influencent la probabilité d'être raccordé (d'utiliser le branchement privé) ou d'utiliser les bornes fontaines ou autres sources actuelles d'approvisionnement en eau (puits privés ou publics, revendeurs informels). Mais dans ce cas, il s'agit d'une évaluation *ex post* pour des services qui existent déjà. Ces approches *ex post* nous semblent aussi intéressantes. Notamment, dans le cas du Sénégal, il nous semble qu'il serait intéressant d'étudier, dix ans après la privatisation (marquée par un vaste programme de branchements des ménages et de multiplication des bornes fontaines), les caractéristiques des ménages utilisant ces deux modes d'approvisionnement.

C'est pourquoi, nous présentons les résultats des études économétriques qui étudient la demande *ex ante* ou *ex post*. En effet, l'idée de la comparaison est de voir si dans les deux cas, il existe des caractéristiques communes qui influencent l'utilisation du branchement privé, des bornes fontaines ou des autres modes d'approvisionnement en eau potable.

## **Section 1 : Les modèles des déterminants de la demande *ex ante* pour un service amélioré d'eau potable**

Ce sont tous les travaux qui ont cherché à expliquer le consentement des ménages à payer pour un services amélioré d'eau potable (branchement privé ou borne fontaine) à partir des enquêtes d'évaluation contingente. Ces travaux ont souvent été réalisés avant la mise en place d'un vaste programme d'extension des réseaux de distribution d'eau potable nécessitant des efforts d'investissements importants. La modélisation économétrique cherche à isoler les caractéristiques qui expliquent le consentement ou non à payer pour un service futur.

Ce sont les caractéristiques présentes qui sont testées pour expliquer une demande « future ».

### **1.1 Le choix de se raccorder au réseau : l'exemple de l'État de Kerala (Inde) (Singh *et alii*, 1993)**

En 1988, une étude centrée sur le consentement à payer l'eau dans un certain nombre de villages de l'État indien du Kerala a été menée par la Banque mondiale et faisait partie du programme de recherche internationale sur le consentement à payer dans les zones rurales des pays en développement évoqué précédemment (*World Bank Water Research Team*, 1993).

Cette étude comprenait des enquêtes d'évaluation contingente auprès des familles vivant dans trois types d'environnement hydrologique traditionnel vis-à-vis de l'approvisionnement en eau de boisson : ressources rares, ressources abondantes et ressources « salées » (avec intrusion saline). Des paires de communautés (ou villages) ont été sélectionnées dans chacun des trois types d'environnement hydrologique. Chaque paire comprenait une communauté de type A et une communauté de type B.

Les communautés du type A bénéficiaient déjà d'un réseau d'approvisionnement en eau. Parmi elles, deux catégories de ménages ont été enquêtées : ceux qui avaient déjà décidé de se connecter aux conditions de coûts et de tarifs existantes et ceux qui avaient décidé de ne pas se connecter. Aux ménages raccordés, il a été demandé s'ils resteraient abonnés sous diverses hypothèses de tarifs plus élevés que le tarif actuel. À ceux qui n'étaient pas connectés, il a été demandé s'ils se raccorderaient sous diverses hypothèses de niveaux de tarif et de coûts de raccordement.

Les communautés de type B, quant à elles, étaient dépourvues de réseau de distribution mais pouvaient espérer être desservies bientôt. On a soumis aux familles de ces communautés les mêmes questions qu'aux non raccordés des villages du type A. Dans chacun des deux types de sites et dans chaque type d'environnement hydrologique, on a également demandé aux ménages leur consentement à payer si la fiabilité du réseau était améliorée. Ainsi, l'impact de trois caractéristiques des réseaux de distribution (coûts de raccordement, tarifs et fiabilité) sur le choix de se raccorder a été mesuré à travers la méthode d'évaluation contingente. Dans cette première enquête de 1988, 1150 ménages ont été interviewés, distribués de façon approximativement égale entre les trois types d'environnement hydrologique, y compris la population entière des ménages raccordés dans les trois sites. A, un échantillon de non raccordés dans les sites A et un échantillon de ménages potentiellement raccordables dans les sites B.

Un modèle économétrique isolant l'influence des caractéristiques des individus, des ménages et des communautés sur les réponses au consentement à payer a été estimé pour les trois variables de décision considérées (tarif mensuel, coût de raccordement et fiabilité) (Singh *et alii*, 1993). L'estimation du modèle complet avait pour objectif d'isoler l'impact des variables de décision sur le choix de se connecter, puis de permettre la simulation de l'impact de variations de ces variables sur le nombre de raccordements demandés et, par conséquent, sur le bien être des consommateurs.

Le tableau 6 ci-dessous représente le modèle complet estimé par Singh *et alii* (1993), avec l'estimation des coefficients du modèle et les tests de student (t).

**Tableau 6 : Modèle Probit de la probabilité de choisir un robinet sur cour (enquête Kerala, 1988)**

Variabes	Coefficient	t-stat
Constante	-0,3009	-1,28
Tarif	-0,0605	-20,31
Coût de raccordement	-0,0010	-13,21
Fiabilité améliorée	-0,0582	-1,11
Distance à la source d'approvisionnement actuelle (mètres)	0,00002	0,06
Temps d'attente à la source d'approvisionnement actuelle (minutes)	0,0028	1,54
Revenu per capita (roupies)	0,00002	1,93
Le ménage a l'électricité	0,3345	3,83
Nombre de chambres dans le logement	0,0861	3,50
Des femmes du ménage sont fonctionnaires	-0,0997	-0,57
Des hommes du ménage sont fonctionnaires	0,1664	1,78
Ménage hindou	-0,1908	-2,07
Le chef du ménage est une femme	0,0569	0,66
L'enquêté est une femme	-0,2749	-3,70
Etudes primaires incomplètes	0,5092	3,39
Etudes primaires complètes	0,6293	4,45
Etudes secondaires incomplètes	0,9608	6,51
Etudes secondaires complètes	1,1325	8,09
Etudes supérieures	1,2898	7,99
Zone aux ressources en eau rares	0,3474	3,54
Zone aux ressources en eau salines	-0,2315	-2,19
Ménage non raccordé du site A	-0,3070	-2,45
Ménage du site B	-0,4921	-3,87
Pseudo R2	0,28	
Nombre d'observations	9720	
Nombre de ménages enquêtés	1150	
Chi-2	3272	

Source : Singh *et alii*, 1993

Le tarif mensuel apparaît comme un déterminant important du choix de raccordement sur cour des enquêtés. Pour une augmentation de 1% du tarif mensuel, la probabilité de choisir un robinet sur cour décroît de presque 1,5%. Néanmoins, le coût initial du branchement paraît être un obstacle encore plus grand au raccordement, probablement en raison des très fort taux d'intérêt en vigueur à l'époque. Alors qu'une augmentation du tarif mensuel moyen de 10 roupies provoquerait une diminution de 27% environ des probabilités de raccordement, une augmentation équivalente du coût de raccordement mensuel implicite ferait chuter cette probabilité de 82%.

Un autre résultat réside dans l'influence significative des caractéristiques du ménage. La décision de se connecter est affectée positivement et fortement par des variables autres que celles de décision : les revenus du ménage, ses possessions et son niveau de scolarité. La rareté des

ressources en eau importe également. Les habitants des zones où l'eau est rare ont une probabilité bien plus importante de se connecter que ceux des zones où l'eau est abondante.

L'amélioration de la fiabilité ne s'est révélée importante que pour ceux qui sont déjà raccordés. Ceci indique qu'ils seraient prêts à payer significativement plus pour un service moins défaillant. Un meilleur service, cependant, n'affecte pas la probabilité que les non-raccordés se décident à se brancher au réseau.

## **1.2 Un modèle de la demande pour un système amélioré d'approvisionnement en eau au Sud d'Haïti (bornes fontaines *versus* branchement privé)**

Whittington *et alii* (1990) cherchent à montrer que les enquêtes d'évaluation contingente peuvent être utilisées dans les pays en développement pour déterminer le consentement à payer des ménages pour des systèmes améliorés d'eau potable. Ils appliquent alors l'étude dans un village du Sud d'Haïti. Ce village se caractérise par l'existence de différentes sources d'eau et de pratiques de consommation d'eau potable par la population. Les ménages du village Laurent sont enquêtés en août 1986 suite à la volonté de l'Agence des Nations Unies pour le Développement International de mettre en place un programme d'offre d'eau rural. Ce projet prévoit la fourniture du service à 160 000 ménages dans 40 villes et villages. Les habitants du village ont accès à plusieurs sources d'eau fraîche situées à environ deux kilomètres : un puits protégé et six sources issues du fleuve. Mais ces dernières ne fournissent que de faibles quantités d'eau et la population s'y approvisionnant attend bien souvent plus d'une heure pour pouvoir s'y servir sans compter le temps de transport pour s'y rendre. Cependant, la population apprécie la clarté de cette eau pure ce qui explique le temps qu'elle alloue à la distance pour s'y rendre. Les auteurs rappellent que la théorie économique suggère que la demande individuelle pour un bien est une fonction du prix de ce bien, du prix des substituts et des biens complémentaires à ce dernier, du revenu individuel, des goûts individuels mesurés usuellement par les caractéristiques socioéconomiques individuelles. Dans le programme d'offre d'eau, les caractéristiques du bien (borne fontaine ou branchement privé) sont les mêmes pour chacune d'entre elles. Il n'existe pas de tarification volumétrique pour l'eau des bornes fontaines ; l'utilisateur peut consommer autant d'eau qu'il le souhaite au branchement. La question est alors de savoir si la demande d'eau d'un ménage pour un système d'offre publique va dépendre du prix d'accès au nouveau système d'approvisionnement. Si le prix d'accès est plus élevé que le consentement à payer du ménage, celui-ci choisira de ne pas utiliser le nouveau système d'approvisionnement en eau. D'après les

auteurs, le consentement à payer maximum variera selon les ménages et pourrait être fonction de toutes les variables de la fonction de demande excepté le prix du bien lui-même. Le consentement à payer des ménages devraient dépendre positivement du revenu, du coût d'obtention de l'eau suivant les différentes sources, du niveau d'éducation des membres du ménage, et être négativement corrélés avec la perception des individus sur la qualité de l'eau à la source traditionnelle utilisée avant la construction du système amélioré d'approvisionnement. De même, les auteurs émettent l'hypothèse que le consentement à payer des femmes devrait être supérieur à celui des hommes puisque ce sont elles qui supportent le transport de l'eau.

Sur un échantillon de 282 ménages, les auteurs modélisent les variations dans les montants de consentement à payer des ménages pour un accès à l'eau potable aux bornes fontaines et au branchement privé comme une fonction des différentes variables décrites précédemment. Plus précisément, pour avoir une approximation du niveau de revenu, ils développent une mesure ordinale de la valeur des capitaux détenus par les ménages basée sur huit questions portant sur la qualité de la construction de l'habitat et deux questions portant sur deux autres indicateurs de revenu (transferts reçus par le ménage de parents à l'étranger et activité des membres principaux du ménage). Les transferts sont traités comme une variable dummy et les activités sont rangées en deux catégories (agriculture/non agriculture) et traitées comme variables dummy. Le niveau d'éducation est mesuré comme la somme des années passées à l'école par deux adultes du ménage. Les auteurs calculent à partir de la carte du village la distance de chaque ménage à sa source d'approvisionnement. Cette distance sert de mesure du coût d'approvisionnement en eau à la source traditionnelle et donc du prix du substitut à l'eau au service amélioré proposé. La mesure de la qualité de l'eau est basée sur une série de sept questions portant sur le goût, l'odeur, la potabilité, la fiabilité, la couleur, la saleté et les conflits à la source traditionnelle (disputes).

Les auteurs utilisent un modèle probit ordonné pour expliquer les variations dans les montants de consentement à payer des ménages pour chacun des systèmes améliorés proposés (bornes fontaines ou branchements privés). La variable dépendante du modèle probit est la probabilité que le consentement à payer d'un ménage pour une borne fontaine (ou un branchement privé) soit dans un intervalle spécifié<sup>23</sup>. Les résultats sont les suivants (tableaux 7 et 8).

---

<sup>23</sup> Nous n'avons pas retrouvé dans l'article la définition des intervalles.

**Tableau 7 : Modèle probit de la probabilité que le consentement à payer d'un ménage pour utiliser les bornes fontaines soit dans un intervalle spécifié au Sud d'Haïti**

Variables indépendantes	Coefficient	t-student <sup>24</sup>
Constante	0,841	1,350
Indice de richesse du ménage	0,126	2,939
Ménage recevant transferts étrangers (1 si oui)	0,064	0,232
Indice d'activité (1 si agriculteur)	-0,209	-0,848
Niveau d'éducation du ménage	0,157	2,113
Distance à la source traditionnelle	0,001	5,716
Indice de qualité de la source traditionnelle	-0,072	-2,163
Genre du répondant (1 si homme)	-0,104	-5,41
Log-likelihood	-206,01	
Restricted log-likelihood	-231,95	
Chi-square(freedom=7)	51,878	
Adjusted likelihood ratio	0,142	
Degrees of freedom	137	

Source: Whittington, Briscoe, Mu, Barron (1990)

**Tableau 8 : Modèle probit sur la probabilité que le consentement à payer d'un ménage pour utiliser le branchement privé soit dans un intervalle spécifié au Sud d'Haïti**

Variables indépendantes	Coefficient	t-student
Constante	-0,896	-1,344
Indice de richesse du ménage	0,217	4,166
Ménage recevant transferts étrangers (1 si oui)	0,046	0,194
Indice d'activité (1 si agriculteur)	-0,597	-2,541
Niveau d'éducation du ménage	0,090	1,818
Distance à la source traditionnelle	0,000	1,949
Indice de qualité de la source traditionnelle	-0,099	-2,526
Genre du répondant (1 si homme)	-0,045	-0,207
Log-likelihood	-173,56	
Restricted log-likelihood	-202,48	
Chi-square(freedom=7)	57,831	
Adjusted likelihood ratio	0,177	
Degrees of freedom	120	

Source: Whittington, Briscoe, Mu, Barron (1990)

Les résultats montrent que les coefficients de toutes les variables indépendantes vont dans le sens attendu des auteurs (les ménages qui ont un niveau d'éducation et de richesse plus élevé ont un consentement à payer plus élevé). Les t-statistiques indiquent que les variables caractérisant le niveau de richesse du ménage, le niveau d'éducation du ménage, la distance du ménage à la source traditionnelle et le niveau de qualité de cette dernière sont significatives à 5% ou 10% dans les

<sup>24</sup> Nous reprenons les notations des auteurs.

deux modèles. Le genre du répondant est statistiquement significatif dans le modèle des bornes fontaines mais pas dans celui des branchements privés. Les résultats indiquent clairement que les montants du consentement à payer ne sont pas des montants aléatoires mais dépendent bien des variables mises en avant par la théorie économique.

### **1.3 Le modèle de demande des ménages pour des services améliorés de raccordement à l'eau potable à Katmandou (Népal)**

Whittington *et alii* (2002) examinent la demande des ménages pour des services améliorés d'eau potable à Katmandou au Népal dans un contexte où le gouvernement envisage d'impliquer le secteur privé dans le service de distribution d'eau potable. 1500 ménages ont été interviewés sur la question de leur choix entre garder leur système actuel d'approvisionnement d'eau et adhérer à un meilleur service d'eau fourni par l'opérateur privé.

Parmi les ménages enquêtés, 69% ont un branchement privé à leur nom. 1% utilisent l'eau à un robinet partagé, connecté au réseau de distribution. 30% ne sont pas connectés au réseau et s'approvisionnent auprès de plusieurs sources telles que les puits publics, les bornes fontaines, les revendeurs d'eau.

Les auteurs mènent une analyse économétrique afin de comprendre les préférences des ménages pour des services améliorés d'eau. Ils pensent en effet que ces préférences et les consentements à payer dépendent des groupes de population selon leurs caractéristiques sociodémographiques, dépendent de leurs situations actuelles d'approvisionnement en eau et de leurs opinions concernant la qualité de l'eau et la politique publique menée. L'analyse économétrique est utilisée afin de tester les hypothèses à travers la significativité des coefficients, d'évaluer les préférences pour un service d'eau amélioré et d'estimer le consentement à payer. Plus précisément, les auteurs cherchent à estimer le consentement à payer d'une sous population « pauvre » en incluant une mesure de la pauvreté comme un régresseur.

#### **1.3.1 Les caractéristiques des ménages qui influencent leur choix de rester connecté à un réseau amélioré d'eau : un modèle probit**

Les ménages qui ont un raccordement au réseau ont le choix entre rester connecté à un service amélioré ou de se déconnecter du réseau. Dans le modèle, la variable prend la valeur 1 si le ménage décide de rester connecté ou la valeur 0 s'il décide de se déconnecter. Il s'agit d'un modèle probit comme on en trouve dans la littérature (Hanemann, 1984 ; Cameron, 1988 ;

Cameron and James, 1987). Les résultats sont dans le tableau 9 suivant. Les auteurs estiment plusieurs modèles en utilisant différentes combinaisons de variables. Ils aboutissent à deux modèles qui rendent compte du problème de multicollinéarité.

**Tableau 9 : Modèle probit expliquant le choix des ménages raccordés de rester connecter ou de rejeter un branchement privé amélioré à Katmandou (Népal)**

Variables	Modèle 1		Modèle 2	
	Coefficient	p-value <sup>25</sup>	Coefficient	p-value
Constante	1,093	0,000	0,962	0,002
Log revenu mensuel (en NPR)	0,052	0,157	0,001	0,982
Age du répondant	-0,011	0,000	-0,008	0,020
Genre du répondant	-0,122	0,186	-0,188	0,055
Education du répondant			0,034	0,003
Locataire (dummy)	-0,322	0,009	-0,207	0,103
Contamination de l'eau (dummy)	0,126	0,146	0,142	0,107
Connaissance de la privatisation	0,192	0,033	0,057	0,542
Eau du raccordement privé sale	-0,195	0,110	-1,151	0,222
Eau du raccordement privé risquée	0,368	0,004	0,349	0,007
Eau du raccordement privé irrégulière	0,158	0,074	0,090	0,325
Stockage (dummy)			0,276	0,008
Traitement de l'eau (dummy)			0,194	0,093
Facture mensuelle proposée	-0,001	0,000	-0,001	0,000
Nombre d'observations		1,047		1,047
Likelihood ratio statistic	Chi-deux (10)	227	Chi-deux(13)	262
Probabilité		0,000		0,000
Pseudo R2		0,165		0,191
Log likelihood		-573		-556

Source: Whittington, Pattanayak, Yang, Kumar (2002)

Le coefficient positif de la variable revenu confirme que les ménages riches ont un consentement à payer plus élevé pour un branchement privé amélioré. Le revenu est colinéaire avec plusieurs autres mesures directes et indirectes du statut socioéconomique. Les auteurs notent en effet qu'il n'est pas surprenant que le type de chauffage ou les dépenses mensuelles ne soient pas significatifs quand ils sont introduits dans le modèle avec le revenu. D'ailleurs le revenu n'est pas significatif dans le modèle 2 qui inclut l'éducation, le stockage, et le traitement de l'eau comme autres régresseurs, ce qui illustre le problème de multicollinéarité.

Concernant les variables démographiques, les auteurs trouvent que les hommes et de surcroît, plus âgés, sont moins disposés à vouloir rester connectés. Par contre, les personnes plus éduquées sont plus disposées à rester connectées (Modèle 2). Les locataires sont moins disposés à

<sup>25</sup> Nous reprenons les notations des auteurs (p-value). Les auteurs considèrent qu'un p-value inférieur ou égal à 0,15 est considéré être une relation statistique significative.

rester connectés et ont un plus faible consentement à payer que les propriétaires. Ceci s'explique par leur horizon temporel de court terme et par le fait qu'ils sont moins investis dans leur logement. Les ménages qui pensent que la question de la contamination de l'eau est le problème majeur ont un consentement à payer plus élevé pour un service qui réduit les risques sanitaires liés à la contamination de l'eau. Les ménages qui sont informés de la privatisation du secteur sont plus disposés à rester connectés et à payer une facture plus élevée. Les ménages qui pensent que l'eau provenant du réseau actuel est sale voire très sale sont moins disposés à rester connectés. D'un autre côté, les ménages qui pensent que l'eau provenant de leur branchement privé présente des risques sanitaires, que l'eau y est irrégulière, sont plus disposés à rester connectés et à payer plus cher. Ceci est lié à la proposition d'un service 24h/24h et d'une eau potable. Les ménages qui traitent leur eau et qui la stockent sont plus disposés à rester connectés. En effet, les comportements de traitement et de stockage fournissent un signal de la valeur que les ménages accordent à un service amélioré. Ces variables sont corrélées avec le revenu et la perception de la qualité de l'eau. Enfin, le coefficient négatif pour la proposition de facture mensuelle confirme la pente de la courbe inverse de demande. À un niveau élevé de facture d'eau mensuelle, ne correspondent que peu de ménages qui acceptent le branchement privé.

### 1.3.2 Les caractéristiques des ménages qui influencent leur choix de se connecter à un réseau amélioré d'eau : un modèle logit multinomial

Les ménages qui ne disposent pas de connexion au réseau de distribution d'eau potable ont le choix entre le raccordement privé, le raccordement partagé ou les autres sources existantes. Il s'agit d'une variable trichotomique prenant la valeur 2 si le ménage choisit le branchement privé, la valeur 1 s'il choisit le branchement partagé et la valeur 0 s'il choisit les autres sources existantes, s'analysant à travers un modèle multinomial (Greene, 2005). Les résultats sont présentés dans le tableau 10 suivant qui comporte deux ensembles d'estimations : le premier retrace le choix du ménage pour le branchement partagé tandis que le second retrace le choix du ménage pour le branchement privé. Ces deux choix sont comparés à celui qui consiste à continuer d'utiliser les autres sources. Les auteurs testent plusieurs modèles selon différentes combinaisons de variables et retiennent le meilleur.

**Tableau 10 : Modèle multinomial expliquant le choix des ménages de se connecter ou de rejeter un branchement privé ou partagé amélioré (ménages non connectés) à Katmandou (Népal)**

Variables	Branchement partagé		Branchement privé	
	Coefficient	p-value <sup>26</sup>	Coefficient	p-value
Log revenu mensuel (en NPR)	-0,140	0,068	0,437	0,008
Age du répondant	-0,012	0,311	-0,004	0,715
Education du répondant	-0,013	0,734	0,034	0,330
Genre du répondant (dummy)	-0,334	0,272	-0,058	0,837
Contamination de l'eau (dummy)	-0,180	0,532	0,759	0,004
Connaissance de la privatisation	0,550	0,134	0,383	0,238
Eau du raccordement privé risquée	-0,309	0,407	0,375	0,239
Eau du raccordement privé irrégulière	0,374	0,354	0,171	0,623
Stockage (dummy)	-0,027	0,951	0,583	0,106
Traitement de l'eau (dummy)	1,106	0,002	0,697	0,029
Utilise seulement autres sources	-0,482	0,140	-0,661	0,026
Constante	1,004	0,218	-4,845	0,002
Le choix « ni l'un, ni l'autre » est le groupe de comparaison				
Likelihood ratio statistic R Chi-deux (22)	99,25	0,000		
Pseudo R2	0,1215			
Log likelihood	-358,72			
Nombre d'observations	383			

Source: Whittington, Pattanayak, Yang, Kumar (2002)

Concernant le choix du branchement partagé, les auteurs trouvent une corrélation négative avec le revenu. Ce résultat peut apparaître étonnant si on ignore le fait que les ménages ont le choix d'un branchement privé et si on ne considère que le choix entre les sources existantes et le branchement partagé. D'après les auteurs, il est probable que l'option du branchement privé influence le choix parce qu'en général, les ménages riches préfèrent obtenir un raccordement privé ou utiliser leurs sources alternatives existantes. D'ailleurs, quand les auteurs réestiment le modèle avec comme groupe de référence le branchement privé, ils trouvent que les ménages riches sont moins disposés à choisir l'option du raccordement partagé. L'autre argument des auteurs est de dire que les ménages pauvres préfèrent le raccordement partagé puisqu'ils trouvent que les ménages pauvres ont un plus fort consentement à payer pour le branchement partagé. Les facteurs démographiques n'influencent pas le choix d'un raccordement partagé. De même, les perceptions de la qualité du service de l'eau ne sont pas significatives. D'après les auteurs, ceci se justifie par le fait que les ménages non connectés au réseau ne sont pas vraiment conscients des attributs liés au service. Le fait d'être informé de la privatisation du secteur augmente la

<sup>26</sup> Nous reprenons les notations des auteurs. Ceux-ci considèrent qu'une p-value inférieure à 0,15 rend compte de la significativité de la variable.

probabilité qu'un ménage choisisse le raccordement partagé. Les ménages qui traitent leur eau ont une probabilité plus importante de choisir un branchement partagé. Les ménages qui utilisent exclusivement les ressources en eau de la communauté (robinets publics, puits publics, voisins, l'eau de pluie durant la moisson, les eaux de surface) ont une probabilité plus faible de choisir un raccordement partagé. D'après les auteurs, ceci s'explique par le fait que ces ménages pensent que l'eau issue des robinets et puits publics est de très bonne qualité.

Dans le modèle de branchement privé, le revenu est positivement corrélé au choix des ménages pour le branchement privé. Comme dans le modèle précédent, les coefficients concernant les caractéristiques démographiques des ménages et les attributs liés à la qualité du service d'eau ne sont pas significatifs. Ces facteurs n'influencent donc pas le choix d'un branchement privé des ménages qui ne disposent pas de branchement. Les ménages qui pensent que la question de la contamination de l'eau est le principal problème environnemental ont une probabilité plus importante de choisir un branchement privé qui offre une eau plus saine et moins risquée. Les ménages qui ont des comportements de traitement et de stockage de l'eau ont une probabilité plus forte de choisir le raccordement privé. Enfin, les ménages qui utilisent exclusivement les ressources en eau de la communauté ont une probabilité plus faible de choisir un branchement privé.

De façon générale, les auteurs concluent que le consentement à payer des ménages pour des systèmes améliorés d'eau est plus important que leur actuelle facture d'eau ce qui incite à mettre en place le mouvement de privatisation accompagné d'une nouvelle structure tarifaire.

#### **1.4 Un modèle logit multinomial de demande d'eau des ménages au Bangladesh (2005)**

Ahmad *et alii* (2005) utilisent les données d'une enquête d'évaluation contingente sur 2700 ménages ruraux du Bangladesh pour appliquer un modèle logit multinomial déterminant la valeur que la population rurale accorde à l'eau libre potabilisée. En effet, le Bangladesh connaît de graves problèmes de cancers et d'autres maladies liées à ces eaux libres contaminées. À la fin des années 1990, 7000 personnes ont été contaminées par l'eau empoisonnée (Karim, 2000). Des études menées par les autorités ont révélées que la contamination des eaux souterraines touche 59 des 64 districts du pays dans lesquels il existe peu de ressources en eau alternatives. Les zones enquêtées sont plus ou moins touchées par ces contaminations de l'eau puisque dans certaines,

les eaux sont contrôlées. Il s'agit d'une enquête de consentement à payer à enchère. En effet, dans chaque zone, cinq différents niveaux de prix d'accès aux bornes fontaines et au branchement privé sont proposés aux ménages. Les enquêtés doivent alors choisir entre la borne fontaine ou le branchement privé. Dans le questionnaire, il est expliqué qu'un service d'eau amélioré (raccordé au réseau) pourrait être basé sur la disponibilité des eaux de surface ou sur des sources plus sûres d'eaux souterraines. Ce service pourrait alors être fourni par les bornes fontaines ou le branchement privé. Une troisième option est de rejeter ces deux modes d'approvisionnement et de continuer à utiliser les sources actuelles d'eau. Les auteurs cherchent alors à estimer économétriquement le consentement à payer pour un système amélioré d'eau au réseau à partir des valeurs proposées dans le référendum (questionnaire), valeurs qui retracent le coût moyen par personne du service amélioré. Plusieurs valeurs sont proposées dans des questionnaires distincts. En plus des montants proposés pour le service amélioré, le questionnaire comporte une section sur les différentes technologies (avec des coûts distincts) de décontamination de l'eau afin d'évaluer les préférences des ménages pour celles-ci.

Deux approches sont utilisées pour estimer la valeur que les ménages accordent à la décontamination de l'eau.

Dans une première approche, un modèle logit multinomial est appliqué aux données d'enquête, en séparant les zones affectées par la contamination de l'eau et les zones non affectées, afin d'obtenir une estimation du consentement à payer des ménages pour un service amélioré au réseau. La différence entre les consentements à payer moyens estimés entre les deux zones est prise comme un estimateur de la valeur que les ménages ruraux des zones contaminées accordent à la décontamination de l'eau.

Dans une seconde approche, les deux zones sont rassemblées en une seule pour construire un modèle logit multinomial commun. Ce sont les résultats de ce dernier que nous présentons.

Le modèle intègre une série de variables indépendantes portant sur le revenu du ménage, la proposition de charge mensuelle pour un approvisionnement de l'eau aux bornes fontaines et au branchement privé (coût du capital et charges d'opération et de maintenance inclus). La variable dépendante est le choix donné par le répondant entre la borne fontaine (valeur 1), le branchement privé (valeur 2) ou ni l'un ni l'autre (valeur 0). Une série de questions portant sur la connaissance et l'opinion des ménages sur les problèmes de contamination de l'eau sont incluses pour construire un indicateur de conscience (score) du problème de l'eau contaminée. En fonction de cet indicateur, deux sous-populations sont retenues dans le modèle final : le groupe I

est composé d'individus qui ont le plus faible score (faible conscience du problème) et le groupe II est composé d'individus qui ont le score médian. Une variable dummy est introduite pour caractériser ces deux groupes. Les résultats du modèle sont dans le tableau 11 suivant.

**Tableau 11 : Préférences des ménages pour des services améliorés d'eau au réseau dans les zones rurales du Bangladesh (toutes zones confondues): résultats du modèle logit multinomial**

Variables	Nombre d'observations : 1874			
	Bornes fontaines		Branchement privé	
	Coefficient	t-student <sup>27</sup>	Coefficient	t-student
Revenu (TK'000)	0,1227	3,93*	0,2219	7,01*
Variable dummy de contamination (groupeII)	0,4307	2,24*	0,5373	2,41*
Coût de l'eau à la borne fontaine	-0,0609	-12,86*		
Coût de l'eau au branchement privé			-0,0363	-14,25*
Ménages considérant l'eau du réseau commode	1,1473	6,12*	1,0969	5,38*
Ménages considérant l'eau du réseau meilleure pour la santé	0,5304	3,59*	0,8907	5,56*
Education (niveau de la classe X ou au dessus)	0,2616	1,29	1,0276	4,99*
Problème d'excès de fer dans l'eau	0,3628	1,65**	0,6224	2,61*
Activité du chef de ménage :				
Agriculture	0,5996	3,51*	0,5744	2,90*
Services	0,3387	1,43	0,9422	3,80*
Commerce	0,5820	2,69*	0,9994	4,23*
Ménages habitant à Commilla	0,2812	0,93	0,3070	0,91
Constante	0,8614	2,61*	0,2570	0,54
LR Chi-deux (22)	650,9			

Source : Ahmad, Bishwanath, Misra (2005)

Les résultats indiquent que la demande pour les services au réseau d'eau augmente avec le revenu et diminue avec une augmentation du coût pour un service au réseau d'eau.

Le fait que les ménages considèrent l'eau du réseau commode et meilleure pour la santé est une considération importante dans la demande des ménages pour un service au réseau d'eau. D'ailleurs les statistiques descriptives révèlent que 85% des ménages considèrent l'eau du réseau propre, 46% pensent que l'eau du réseau est meilleure pour la santé et 37% considèrent l'eau du réseau bien plus commode.

Les résultats montrent aussi que l'éducation (au dessus ou égale à la classe X) augmente la demande pour une connexion au réseau d'eau. Les ménages dont l'activité principale du chef est

<sup>27</sup> Nous reprenons les notations des auteurs. Ils annotent les variables significatives au seuil de 5% par \* et au seuil de 10% par \*\*.

représentée par l'agriculture, le commerce ou les services, sont plus disposés à opter pour une connexion au réseau.

La variable qui concerne le problème d'excès de fer dans l'eau est significative. Ce problème a d'ailleurs souvent été évoqué par les enquêtés.

Enfin, l'étude montre que les populations des zones rurales du Bangladesh très affectées par le problème de contamination de l'eau attribue une faible valeur à la décontamination de celle-ci. Cette valeur représente 10 à 14% du montant que les ménages sont prêts à payer pour un service d'eau au réseau et seulement 0,2 à 0,3% de leur revenu moyen. Le programme de décontamination de l'eau semble alors avoir une faible acceptation sociale à moins qu'il ne soit fortement subventionné.

## **1.5 Un modèle des déterminants du consentement à payer des ménages pour un raccordement privé au Sri Lanka**

Les travaux de Pattanayak *et alii* (2006) utilisent les données d'une enquête réalisée auprès de 1800 ménages entre août et octobre 2003 pour estimer les déterminants du consentement à payer des ménages pour un raccordement au réseau d'eau. En effet, le gouvernement décide à cette date d'engager des opérateurs privés dans la gestion de l'eau.

Les auteurs développent un modèle probit pour comprendre comment les caractéristiques du ménage influencent leur demande pour un service amélioré de raccordement au réseau d'eau.

Tout d'abord, ils introduisent des variables économiques pour déterminer si le ménage est pauvre ou pas, la facture mensuelle d'eau que les ménages auront à payer pour le service amélioré et le coût de raccordement au nouveau service. Les ménages qui sont déjà raccordés au réseau n'auront donc pas à payer le coût de raccordement au nouveau service (leur coût de connexion est supposé nul). Deuxièmement, les auteurs prennent en compte la localisation des ménages et leur distance à la route. Troisièmement, ils introduisent des sources alternatives substituables au branchement telles que la possibilité d'utiliser l'eau des puits privés du voisinage et le nombre d'autres sources auxquelles les ménages peuvent accéder. Enfin, ils prennent en compte l'opinion et les facteurs qui peuvent influencer l'opinion des ménages sur la gravité du problème de pollution d'eau dans leur région et la gravité du problème d'offre d'eau. Ils retiennent comme variable indépendante le fait que des membres du ménage aient été touchés récemment par la diarrhée et le niveau d'éducation du chef de ménage.

Les résultats du modèle sont dans le tableau 12 suivant. Il s'agit des résultats du meilleur modèle estimé par les auteurs parmi tous ceux issus de différentes combinaisons de variables.

**Tableau 12 : Les caractéristiques des ménages qui influencent leur demande pour un service de branchement amélioré: modèle probit (Sri Lanka)**

Variable	Coefficient	p-value <sup>28</sup>
Constante	1,357	0,000
Facture mensuelle d'eau (Rs)	-0,002	0,000
Coût de raccordement initial (Rs)	-0,00003	0,007
Le ménage est pauvre (1/0)	-0,309	0,002
Le ménage reçoit des transferts (1/0)	0,288	0,009
Le ménage bénéficie du programme Samurdhi (1/0)	-0,224	0,023
Le ménage est employé dans le secteur privé (1/0)	0,200	0,004
Distance à la principale route (kilomètres)	0,113	0,131
Le ménage réside dans le Negombo (1/0)	-0,479	0,000
Le ménage réside dans le Kalutara (1/0)	-0,318	0,001
% de ménages ayant accès à un puits privé (GN)	-0,316	0,019
% de ménages qui pensent que la qualité de leur eau issue des sources alternatives est excellente ou bonne (GN)	-0,325	0,010
Le ménage pense qu'il existe un problème de contamination de l'eau (1/0)	0,243	0,026
Le ménage pense que le gouvernement devrait subventionner le raccordement au service amélioré des ménages à faible revenu (1/0)	0,024	0,743
Le ménage est conscient des changements institutionnels du secteur (1/0)	0,609	0,028
Le secteur privé fournira un service amélioré (1/0)	-0,121	0,074
Le ménage est conscient des enjeux en terme de santé (1/0)	0,649	0,003
Le ménage a connu un évènement mortel (1/0)	0,653	0,006
Le ménage est Tamil (1/0)	-0,475	0,047
Le ménage est propriétaire (1/0)	-0,352	0,015
Niveau d'éducation du chef de ménages (années)	0,022	0,065
Nombre d'observations	1735	
Likelihood Ratio Statistic Chi-deux (20)	390	
Pseudo R2	0,17	
% réponses correctement prédites	73	
Log Likelihood	-942	

Source: Pattanayak, Van Den Berg, Yang, Van Houtven (2006)

Le coefficient négatif pour la facture mensuelle d'eau proposée confirme la pente de la courbe de demande. Pour la facture mensuelle la plus élevée, correspondent le moins de ménages souhaitant le branchement privé. De plus, le coefficient correspondant au coût de raccordement initial est négatif. Pour le coût le plus élevé de raccordement, correspond la plus faible demande des

<sup>28</sup> Nous reprenons les notations des auteurs.

ménages pour un service amélioré. Le coût de raccordement apparaît comme la plus grande contrainte sur la demande, particulièrement pour les ménages pauvres.

Les ménages qui reçoivent des transferts de l'étranger ont une plus forte demande pour un service amélioré probablement parce que ces transferts relâchent leur contrainte budgétaire. Les ménages qui reçoivent des versements du programme Samurdhi (programme social phare mené par le gouvernement) ont une demande plus faible pour le service amélioré. En effet d'après les auteurs, ce programme est ciblé sur les ménages pauvres non raccordés et faiblement capables d'en obtenir un. Les ménages qui travaillent dans le secteur privé ont une plus forte demande pour le service amélioré. Les ménages plus éloignés de la route principale ont une plus forte demande pour le service amélioré.

Comme attendu, les ménages qui disposent de sources d'approvisionnement en eau alternatives au branchement (particulièrement, des puits privés) ont une plus faible demande pour le service amélioré. Cet effet est encore plus fort chez les ménages qui ont une très bonne opinion de l'eau issue de ces sources alternatives. En effet, les ménages qui pensent que l'eau fournie par ces sources alternatives est d'une excellente ou bonne qualité (en termes de goût, couleur, d'odeur, de sûreté et de fiabilité) ont une plus faible demande pour l'eau du réseau. Par conséquent, ces ménages satisfaits de leurs sources actuelles d'approvisionnement en eau ont une probabilité plus faible de se connecter au réseau, ce qui rend l'objectif d'accès universel au réseau du gouvernement difficile à atteindre.

Les ménages qui pensent que la question de la contamination de l'eau est le problème environnemental le plus important ont une plus forte demande, probablement parce que les ménages pensent qu'un service amélioré offre une meilleure qualité de l'eau. Les ménages qui pensent que le gouvernement devrait subventionner le raccordement ne sont pas différents en terme de préférences que ceux qui ne le pensent pas. Les ménages qui sont particulièrement conscients des enjeux en terme de santé ont une plus forte demande pour le service amélioré. D'après les auteurs, ces ménages considèrent les conséquences en terme de santé comme étant la raison principale du choix entre le raccordement ou le non raccordement au service amélioré. De même les ménages qui ont conscience des enjeux institutionnels ont un plus fort consentement à payer.

Dans l'échantillon total, la moitié des enquêtés a été interrogée avec l'hypothèse que le service amélioré serait offert par le secteur privé, et l'autre moitié a été interrogée avec l'hypothèse que ce dernier serait assuré par le secteur public. Le fait qu'un ménage ait été interrogé avec l'hypothèse que le service serait fourni par le secteur privé a été introduit par une variable dummy. Le coefficient négatif de cette variable dummy montre que peu de ménages dans l'échantillon total

déclarent se raccorder au réseau si ce service amélioré est fourni par le secteur privé, contrairement à un secteur public réformé.

Les ménages qui ont la connaissance d'un événement mortel ont une demande plus élevée pour le service amélioré probablement parce qu'ils pensent que ce dernier peut contribuer à diminuer les cas de mortalité. Les ménages Tamil ont une plus faible demande comparée à celle des autres ethnies. Les ménages propriétaires ont une plus faible demande que les locataires.

Enfin, les ménages qui ont le plus haut niveau d'éducation ont la plus forte demande pour le service amélioré.

## **Section 2 : Les modèles des déterminants de la demande *ex post* pour les modes d'approvisionnement en eau présents**

Ces modèles économétriques cherchent à isoler les caractéristiques qui influencent l'utilisation présente des différents modes d'approvisionnement : branchement privé, borne fontaine, puits et revendeurs. Ces modèles portent alors sur la demande *ex post* (celle qui existe déjà). Il s'agit de rechercher les variables qui influencent l'utilisation présente des différentes sources d'approvisionnement en eau.

Plus précisément, les modèles qui expliquent l'utilisation présente des bornes fontaines, des puits et des revendeurs s'appuient sur les caractéristiques présentes des ménages même lorsque ceux-ci cherchent à mettre en avant celles qui expliquent le raccordement passé (le fait d'être raccordé).

### **2.1 Le choix de recourir à des bornes fontaines kiosques : l'exemple d'Ukunda (Kenya) et d'Onitsha (Nigéria)**

Le modèle logit de la probabilité d'utilisation de l'eau à Ukunda (Kenya) illustre comment une famille de ce village décide d'acheter de l'eau à un kiosque plutôt qu'à un revendeur-livreur à domicile ou plutôt que de la tirer d'un puits (Whittington, Briscoe, Mu, Barron 1990). Les familles plus aisées, d'un meilleur niveau d'éducation ou comptant davantage de femmes utilisent plus volontiers la borne fontaine kiosque. Les kiosques sont davantage utilisés lorsque les sources alternatives (puits et revendeurs-livreurs) sont plus chères, plus éloignées, ou fournissent une eau de moins bonne qualité. Ils sont moins utilisés lorsque le prix de l'eau au kiosque et la distance à parcourir pour s'y approvisionner augmentent et lorsque le goût de l'eau au kiosque se dégrade

(ces résultats sont basés sur une analyse des choix effectifs des ménages, pas sur leurs réponses à des questions d'évaluation contingente).

Le tableau 13 ci-dessous détaille les coefficients du modèle de choix discret (type logit) calé sur Ukunda. La variable dépendante est la probabilité qu'un individu choisisse une borne fontaine kiosque (Y = 1 si la borne fontaine kiosque est choisi, Y = 0 sinon).

**Tableau 13 : Modèle Logit de la probabilité de choisir une borne fontaine kiosque (Ukunda, Kenya)**

Variable	Coefficient	t-stat <sup>29</sup>
Prix	-3,52	-2,67*
Temps total de collecte	-0,27	-3,45*
Goût	-0,50	-0,84
Revenu du ménage si mode d'approvisionnement = revendeur	+0,02	+0,78
Nombre de femmes du ménage si mode d'approvisionnement = revendeur	-1,14	-2,24*
Scolarité de l'époux si mode d'approvisionnement = revendeur	+0,008	-0,19
Revenu de l'épouse	-0,03	-0,71
Nombre de femmes du ménage si mode d'approvisionnement = puits	+0,42	+1,08
Scolarité de l'époux si mode d'approvisionnement = puits	-0,09	-1,52
Nombre d'observations	69	* = significatif au seuil de confiance de 5%
Chi-2	60,8	

Source: Whittington, Briscoe, Mu, Barron 1990

Dans le même programme de recherche de la *Water Research Team* de la Banque mondiale, une étude similaire a été menée à Onitsha (Nigéria) (Whittington, Lauria, 1991). Le tableau 14 suivant présente les résultats de la modélisation de type logit de la probabilité de choisir de s'approvisionner à un puits.

Le temps d'attente et de remplissage ainsi que le prix ne diffèrent presque pas d'un ménage à l'autre et ne figurent donc pas dans le modèle. Ce dernier montre que :

- Un goût de l'eau du puit jugé acceptable fait diminuer significativement la probabilité d'acheter l'eau aux revendeurs ou à la borne fontaine ;
- Les revenus n'ont pas d'effet significatif sur la probabilité de choix ;
- Plus le niveau de scolarité est élevé, moins il est probable que le ménage utilise le puits ;

<sup>29</sup> Les auteurs indiquent la significativité par \* à partir du t de Student. Nous reprenons leur notation.

- Plus le temps de collecte (de parcours) est important pour une source d'approvisionnement, moins il est probable qu'un ménage l'utilise ;
- Plus le nombre de femmes dans le ménage est élevé, moins il est probable que ce dernier achète l'eau.

**Tableau 14 : Modèle logit de la probabilité de choisir de s'approvisionner à un puits (Onitsha, Nigéria)**

Variables	Coefficient	t-stat <sup>30</sup>
Achat auprès d'un revendeur (oui/non)	-5,92	-2,65*
Achat à une borne fontaine kiosque (oui/non)	-3,70	-1,99*
Temps de collecte	-0,24	-3,17*
Goût de l'eau du puits jugé bon (oui/non)	-3,49	-2,30*
Nombre de femmes du ménage	-1,39	-2,65*
Niveau de scolarité élevé (oui/non)	-0,15	-1,92
Revenu du ménage si mode d'approvisionnement = revendeur	0,019	0,44
Revenu du ménage si mode d'approvisionnement = borne fontaine kiosque	0,006	0,14
Nombre d'observations	69	* = significatif au seuil de confiance de 5%
Chi-2	62,5	

Source: Whittington, Lauria, (1991)

Dans ces deux études, seules deux variables communes se révèlent significatives dans le choix du mode d'approvisionnement : l'une relative aux caractéristiques des points d'eau (le temps de parcours, c'est-à-dire l'éloignement relative des sources d'approvisionnement les unes par rapport aux autres), l'autre liée aux caractéristiques du ménage (le nombre de femmes dans le ménage). L'absence d'influence des revenus du ménage comme l'influence importante de la disponibilité d'une main d'œuvre féminine sont sans doute liées au fait que les deux sites étudiés sont des villages. En effet en milieu rural, les niveaux socio-économiques sont plus homogènes et les femmes, moins couramment occupées à des activités rémunératrices qu'en ville, peuvent être en plus ou moins grand nombre d'un ménage à l'autre.

<sup>30</sup> Les auteurs indiquent la significativité par \* à partir du t de Student. Nous reprenons leur notation.

## 2.2 Un modèle des déterminants de la demande des ménages pour un branchement privé au Sri Lanka (2006)

La plupart des études portant sur la demande d'eau résidentielle prennent la forme d'études de consentement à payer pour un accès au réseau par le branchement privé (Whittington *et alii*, 2002 et Pattanayak *et alii*, 2006). Les travaux de Nauges, Van Den Berg (2006) fournissent une analyse empirique de la fonction de demande en eau des ménages raccordés et non raccordés du Sud Ouest du Sri Lanka. À partir de ces fonctions de demande en eau des ménages raccordés et non raccordés, les auteurs calculent des élasticités prix et revenus des ménages selon la source d'approvisionnement (branchements privés et autres sources). Dans l'article, les auteurs présentent aussi les résultats d'un modèle probit qui estime la probabilité des ménages d'avoir un branchement privé connecté au réseau. C'est sur ces résultats que nous nous concentrons ici.

Les données utilisées par les auteurs sont les mêmes que celles utilisées par Pattanayak *et alii* (2006). Elles proviennent d'une enquête réalisée auprès de 1800 ménages conduite de août à octobre 2003. En effet, le gouvernement décide à cette date d'engager des opérateurs privés dans la gestion de l'eau. Dans l'échantillon, 38% des ménages ont un raccordement privé au réseau. Ces derniers sont interrogés sur leur opinion concernant la qualité du service offert par le réseau. Parmi eux, 95% utilisent d'autres sources d'approvisionnement en eau telles que les robinets publics, les puits publics, les puits privés, les voisins, les revendeurs, l'eau de pluie, les eaux de surface et l'eau en bouteille. Les auteurs rappellent que s'approvisionner à ces sources génère différents types de coût comparativement à l'utilisation directe de l'eau du robinet privé. Ces coûts sont liés à la distance (temps de marche), au temps d'attente (au puits ou au robinet public) et à l'acquisition du petit équipement nécessaire à l'approvisionnement (cordes et seaux).

L'échantillon total comporte 62% de ménages non raccordés au réseau. Ceux-ci s'approvisionnent alors auprès des robinets publics, des puits publics et privés, des voisins, des revendeurs, des eaux de surface, de l'eau de pluie et de l'eau en bouteille. Leur opinion concernant la qualité de l'eau à ces différentes sources est généralement bonne (80% considèrent le goût de l'eau comme bon voire excellent).

Les statistiques descriptives révèlent que généralement, les ménages raccordés sont plutôt de taille élevée, d'un niveau de revenu élevé et d'un niveau d'éducation plus élevé que les ménages non raccordés.

Pour expliquer les déterminants de la probabilité d'être connecté à un branchement privé, les auteurs utilisent un modèle probit. La variable discrète prend la valeur 1 si le ménage a un branchement privé au réseau et la valeur 0 dans le cas contraire. Les résultats de l'estimation du modèle probit décrivant les déterminants du raccordement des ménages au branchement privé sont décrits dans le tableau 15 suivant.

**Tableau 15 : Estimation de la probabilité d'être branché au réseau d'eau. Modèle probit (résultats de l'estimation du maximum de vraisemblance) (Sri Lanka)**

	Coefficient	Std.Err.	p-value
Variable dépendante : probabilité d'avoir un branchement privé			
Constante	-0,2620	0,1683	0,1200
Revenu <sup>31</sup>	0,0041	0,0015	0,0060
Taille du ménage	0,0216	0,0199	0,2760
Education du chef de ménage <sup>32</sup>	0,0737	0,0120	0,0000
Accès à un puits privé (0/1)	-1,6596	0,0757	0,0000
Accès aux sources de la communauté (0/1)	-0,4572	0,0751	0,0000
Préoccupé par le goût de l'eau <sup>33</sup> (0/1)	0,4184	0,1080	0,0000
Préoccupé par la sûreté de l'eau <sup>34</sup> (0/1)	0,0241	0,1476	0,8700
Préoccupé par la fiabilité de l'eau <sup>35</sup> (0/1)	0,3853	0,2130	0,0700
Zone de Kalutara (0/1)	0,5892	0,0910	0,0000
Zone de Galle (0/1)	0,6286	0,835	0,0000
Nombre d'observations	1,794		
Likelihood-ratio test	722,79	(0,0000)	
Pourcentage de prédiction	79%		

Source : Nauges, Van Den Berg (2006)

Les variables retenues dans la version finale du modèle sont les suivantes : revenu, taille du ménage, éducation du chef du ménage, accès à un puits privé, accès aux autres sources de la communauté (robinets publics, puits publics, revendeurs, eau de surface, eau de pluie), variables dummy pour les zones de Kalutara et Galle, et variables dummy mesurant la préoccupation du ménage du goût, de la sûreté et de la fiabilité de l'eau issue des puits privés.

Le modèle est satisfaisant avec un pouvoir de prédiction de 79%. Les coefficients estimés sont presque tous significatifs avec le signe attendu. Les ménages qui ont un revenu plus élevé et un niveau d'éducation plus élevé, ont une probabilité plus élevée d'avoir un branchement privé.

<sup>31</sup> Le revenu inclut le revenu mensuel total estimé (tous les salaires des membres du ménage, ajouté des autres sources de revenu et des transferts reçus des membres du ménage à l'étranger). Le revenu est mesuré en SLK (1,000).

<sup>32</sup> Nombre d'années d'études remplies par le chef de ménage.

<sup>33</sup> Eau issue des puits privés.

<sup>34</sup> Eau issue des puits privés.

<sup>35</sup> Eau issue des puits privés.

L'accès aux sources alternatives (n'appartenant pas au réseau), et en particulier l'accès à un puits privé, diminue significativement la probabilité d'avoir un raccordement privé. La taille du ménage n'apparaît pas être une variable significative dans le modèle. Finalement, les trois variables dummy décrivant les préoccupations des ménages concernant le goût, la sûreté et la fiabilité de l'eau issue des puits privés ont toutes le signe positif attendu. Le goût de l'eau est la préoccupation majeure (variable la plus significative des trois), suivie du problème de fiabilité (significative à 10%). Enfin, la préoccupation en terme de sûreté n'est pas significative.

### **2.3 Un modèle de choix des ménages entre le branchement privé, le puit public et les revendeurs, appliqué aux villes d'Amérique Centrale**

Nauges et Strand (2005) étudient la demande d'eau des ménages non connectés au robinet dans trois villes d'El Salvador et dans les banlieues de Tegucigalpa et Honduras en utilisant des données d'enquêtes similaires menées dans ces villes. Ainsi, les auteurs calculent à partir des demandes d'eau des ménages non connectés au robinet, les élasticités demande. Pour obtenir ces résultats, les auteurs présentent dans un premier temps un modèle logit multinomial décrivant le choix des ménages entre les trois sources suivantes d'approvisionnement en eau : le branchement privé (robinet), le puits public et les revendeurs (camions). Bien que les ménages utilisent la plupart du temps une source principale, l'enquête révèle que les ménages combinent aussi ces différentes sources d'approvisionnement en eau plus ou moins coûteuses. En effet, l'eau des puits est souvent gratuite tandis que l'eau revendue par les camions est bien plus onéreuse (comme c'est souvent le cas de l'eau revendue par le secteur informel).

Plus précisément, les auteurs considèrent que tous les ménages peuvent avoir accès à toutes ces sources (seulement la distance de la source varie) mais qu'ils comptent essentiellement sur l'une d'entre elles. Le ménage choisit alors la source d'approvisionnement  $j$  parmi l'ensemble composé des trois sources possibles. La probabilité que le ménage utilise la source  $j$  est déterminée par un modèle logit multinomial. Les auteurs utilisent ensuite les paramètres estimés de ce modèle pour contrôler les biais de sélectivité dans leur modèle de demande d'eau.

Dans le modèle logit multinomial, les auteurs introduisent comme variables explicatives le revenu mensuel du ménage (en USD, PPP corrigée), la taille du terrain (en m<sup>2</sup>), la superficie de la zone

construite (en m<sup>2</sup>), le nombre de personnes dans la résidence, le nombre d'enfants de moins de 5 ans, des variables dummy pour l'accès à l'électricité et l'alphabétisation du répondant.

Les résultats du modèle sont présentés dans les deux tableaux 16 et 17 ci-dessous (avec le calcul des effets marginaux). Le choix d'une source d'approvisionnement est influencé par les caractéristiques du ménage en particulier son niveau de revenu, mais aussi par le fait d'avoir accès à l'électricité et par la taille du terrain. Par exemple, les effets marginaux montrent que les ménages vivant dans les zones les plus raccordées à l'électricité ont une probabilité plus élevée d'utiliser l'eau issue des branchements privés. Le fait d'avoir un revenu plus élevé et un terrain plus grand augmente la probabilité que les ménages utilisent l'eau vendue par les revendeurs (camions).

**Tableau 16 : Estimation du modèle logit multinomial (le branchement privé étant le groupe de référence): l'exemple d'El Salvador (321 observations)**

	Coefficient <sup>36</sup>	Ecart-type	P-value <sup>37</sup>
<b>Branchement privé</b>			
Constante	-1,760***	0,598	0,003
Revenu du ménage (1,000 US \$)	0,364***	0,125	0,004
Taille du terrain (1,000 m2)	-0,213	0,942	0,821
Zone de construction (1,000 m2)	-0,785	1,889	0,678
Nombre de ménages dans la résidence	0,044	0,067	0,514
Accès à l'électricité (0/1)	1,160**	0,468	0,013
Le répondant sait lire et écrire (0/1)	-0,023	0,321	0,943
Nombre de ménages de moins de 5 ans	-0,137	0,182	0,453
<b>Puits public</b>			
Constante	-2,806***	0,711	0,000
Revenu du ménage (1,000 US \$)	0,474***	0,147	0,001
Taille du terrain (1,000 m2)	1,784**	0,774	0,021
Zone de construction (1,000 m2)	-10,337**	4,361	0,018
Nombre de ménages dans la résidence	0,189**	0,078	0,015
Accès à l'électricité (0/1)	0,963*	0,577	0,095
Le répondant sait lire et écrire (0/1)	-0,416	0,401	0,299
Nombre de ménages de moins de 5 ans	-0,283	0,239	0,236
<b>Revendeurs (camions)</b>			
Constante	-3,613***	0,795	0,000
Revenu du ménage (1,000 US \$)	0,445***	0,147	0,002
Taille du terrain (1,000 m2)	1,764**	0,775	0,023
Zone de construction (1,000 m2)	-0,983	2,164	0,650
Nombre de ménages dans la résidence	0,103	0,089	0,247
Accès à l'électricité (0/1)	0,415	0,567	0,465
Le répondant sait lire et écrire (0/1)	0,629	0,518	0,224
Nombre de ménages de moins de 5 ans	-0,006	0,229	0,980
Log Likelihood		-380,97	
Likelihood Ratio test, chi2 (21)		60,54	
Prob>chi2		0,0000	

Source : Nauges, Strand (2005)

<sup>36</sup> D'après les auteurs, \*\*\*, \*\*, \* indiquent la significativité au seuil de 1%, 5% et 10%.

<sup>37</sup> Nous reprenons les notations des auteurs.

**Tableau 17 : Modèle logit multinomial. Effets marginaux de chaque caractéristique sur la probabilité d'utiliser chacune des quatre sources d'approvisionnement. El Salvador**

	Effet marginal <sup>38</sup>	Ecart-type	P-value <sup>39</sup>
<b>Probabilité d'utiliser l'eau du branchement privé</b>			
Revenu du ménage (1,000 US \$)	0,037*	0,021	0,077
Taille du terrain (1,000 m2)	-0,222	0,181	0,218
Zone de construction (1,000 m2)	0,403	0,411	0,327
Nombre de ménages dans la résidence	-0,005	0,013	0,718
Accès à l'électricité (0/1)	0,179**	0,074	0,015
Le répondant sait lire et écrire (0/1)	-0,007	0,065	0,920
Nombre de ménages de moins de 5 ans	-0,016	0,037	0,661
<b>Probabilité d'utiliser l'eau d'un puits privé</b>			
Revenu du ménage (1,000 US \$)	-0,095***	0,027	0,000
Taille du terrain (1,000 m2)	-0,158	0,171	0,356
Zone de construction (1,000 m2)	0,720*	0,409	0,079
Nombre de ménages dans la résidence	-0,021	0,014	0,130
Accès à l'électricité (0/1)	-0,224**	0,089	0,012
Le répondant sait lire et écrire (0/1)	0,001	0,066	0,983
Nombre de ménages de moins de 5 ans	0,034	0,037	0,366
<b>Probabilité d'utiliser l'eau d'un puits public</b>			
Revenu du ménage (1,000 US \$)	0,032**	0,014	0,022
Taille du terrain (1,000 m2)	0,202**	0,080	0,012
Zone de construction (1,000 m2)	-1,251**	0,494	0,011
Nombre de ménages dans la résidence	0,020**	0,008	0,018
Accès à l'électricité (0/1)	0,057	0,052	0,266
Le répondant sait lire et écrire (0/1)	-0,068	0,054	0,205
Nombre de ménages de moins de 5 ans	-0,029	0,027	0,295
<b>Revendeurs (camions)</b>			
Revenu du ménage (1,000 US \$)	0,025*	0,013	0,054
Taille du terrain (1,000 m2)	0,178**	0,072	0,013
Zone de construction (1,000 m2)	0,128	0,228	0,574
Nombre de ménages dans la résidence	0,006	0,009	0,501
Accès à l'électricité (0/1)	-0,012	0,065	0,853
Le répondant sait lire et écrire (0/1)	0,073*	0,043	0,088
Nombre de ménages de moins de 5 ans	0,011	0,024	0,637

Source : Nauges, Strand (2005)

<sup>38</sup> D'après les auteurs, \*\*\*,\*\*,\* indiquent la significativité au seuil de 1%, 5% et 10%.

<sup>39</sup> Nous reprenons les notations des auteurs.

## **Section 3 : Synthèse des facteurs explicatifs du consentement à payer des ménages pour des services améliorés d'approvisionnement en eau potable : résultats des études et discussion des résultats**

Comme le montre la section 1 par rapport à la section 2, il existe une littérature bien plus abondante sur la recherche des déterminants des consentements à payer pour des systèmes améliorés d'eau potable, que sur les déterminants de la demande avérée pour les modes d'approvisionnement existants. Nous avons déjà justifié cela en notant l'abondance des enquêtes d'évaluation contingente menées dans les pays en développement à partir des années 90, dans un contexte de lancement de nombreux programmes d'investissements pour l'extension des réseaux de distribution d'eau potable. Ces études ont alors permis de mesurer la faisabilité des projets en testant la capacité des populations à payer un accès et un prix de l'eau permettant le recouvrement des coûts, surtout lorsque ces projets allaient de pair avec l'engagement d'opérateurs privés.

Cette abondante littérature nous permet alors de présenter et de discuter dans cette section, des différents facteurs explicatifs de la demande des ménages pour des systèmes améliorés en eau potable. Le peu d'études économétriques sur les comportements avérés ne nous permet pas d'en faire de même. Cependant, dans les chapitres 5 et 6, lorsque nous présenterons nos modèles explicatifs des déterminants de la demande avérée des ménages de Dakar (2005) pour le branchement privé et les bornes fontaines, nous discuterons nos résultats économétriques au regard de la littérature présentée dans la section 2 de ce chapitre. L'idée sera aussi de voir si les caractéristiques qui ressortent des études des déterminants de la demande avérée sont les mêmes que ceux de la demande « hypothétique » pour des systèmes améliorés (contingente).

### **3.1 L'influence des caractéristiques socio-économiques et démographiques des ménages**

Nous présentons le résumé des résultats des différentes études sur la façon dont les caractéristiques socio-économiques et démographiques influencent la demande des ménages pour un approvisionnement en eau amélioré.

### 3.1.1 Le revenu et les possessions

Un paradigme de la gestion de l'eau stipule que les ménages ne peuvent payer que très peu voire pas du tout pour des services améliorés d'approvisionnement en eau. Un second tient pour acquis qu'ils sont prêts à payer 3 à 5% de leurs revenus. La littérature montre que ces règles ne décrivent que très imparfaitement la demande effective des ménages ruraux pour des services améliorés d'approvisionnement en eau, que le consentement à payer ne dépend pas seulement du revenu, mais également des caractéristiques des modes d'approvisionnement existants et améliorés.

Il est vrai que des études économétriques récentes montrent que le revenu est une variable significative qui augmente la probabilité qu'un ménage consente à payer pour un service amélioré d'eau potable (branchement privé et bornes fontaine) : sud d'Haïti (Whittington *et alii*, 1990), Népal (Whittington *et alii*, 2002), Bangladesh (Ahmad *et alii*, 2005), Sri Lanka (Pattanayak *et alii*, 2006). L'effet revenu est parfois capté par un indice de richesse plus large (Whittington *et alii*, 1990), ou par les transferts (Pattanayak *et alii*, 2006).

Cependant, le revenu n'est pas toujours le déterminant principal ; le pourcentage de revenus (taux d'effort) qu'un ménage est disposé à consentir peut varier très largement. Les exemples suivants illustrent ce point :

- Dans le district de Chihota (Zimbabwe), où les sources existantes sont relativement accessibles, les villageois ne sont prêts à payer que moins de 0,5% de leurs revenus pour accéder à un puits amélioré (*Water Research Team*, 1993) ;
- Dans l'État de Parana (Brésil), de nombreux ménages refusent de payer quoi que ce soit pour des bornes fontaines, mais se déclarent disposer à consacrer 2% de leur revenu pour avoir un branchement sur cour (Briscoe *et alii*, 1990) ;
- Dans le sud d'Haïti, les ménages sont disposés à consacrer seulement 1% environ de leurs revenus pour des bornes fontaines et environ 2% pour un branchement particulier (Whittington *et alii*, 1990) ;
- À Ukunda (Kenya), les ménages consacrent déjà environ 9% de leurs revenus à l'achat de l'eau aux kiosques et aux revendeurs-livreurs (Whittington *et alii*, 1990) ;
- Dans l'État d'Anambra (Nigéria), de nombreux ménages allouent 10% de leurs revenus à l'achat d'eau auprès des revendeurs de voisinage pendant la saison sèche (Whittington, Lauria, 1991).

Lorsque l'élasticité de la demande aux revenus a pu être calculée (ceci n'a pas été possible dans toutes les études de cas de la *Water Research Team* en raison de la difficulté d'obtenir des données fiables sur les revenus), elle s'est révélée uniformément basse : 0,15 au Brésil, 0,14 en Inde, 0,07 au Zimbabwe et 0,06 au Kenya. Ces résultats suggèrent qu'en moyenne, une augmentation de 10% des revenus domestiques provoquerait une augmentation d'environ 1% de la probabilité qu'un ménage choisisse un système amélioré d'approvisionnement en eau. Globalement, les résultats montrent que le revenu des ménages, quoique souvent important, n'est pas toujours le déterminant prépondérant de la demande pour des services améliorés.

### 3.1.2 Le niveau d'éducation

Les études font partie de l'idée que lorsque le niveau d'éducation des membres du ménage augmente, ces derniers devraient être plus conscients des bénéfices sanitaires liés à la consommation d'eau potable et, de ce fait, plus enclins à utiliser des services améliorés lorsque ceux-ci sont disponibles. Lorsqu'ils ne le sont pas, on s'attendrait à ce que ces ménages soient prêts à payer davantage pour les obtenir que les ménages au niveau d'éducation plus bas. Et parce que les ménages plus éduqués pourraient, pour toutes sortes de raisons, avoir des coûts d'opportunité plus élevés pour le temps passé à la collecte de l'eau hors de la maison, ils pourraient bien être disposés à payer plus que d'autres ménages pour un service amélioré.

Les résultats empiriques confirment généralement que les ménages expriment un consentement à payer pour des services améliorés qui croît avec leur niveau d'éducation. Les études d'évaluation contingente menées dans la zone d'eau douce du Pendjab montrent qu'un ménage dont la durée de scolarité du membre le plus éduqué est supérieure à 5 ans avait un consentement à payer environ 25% plus élevée pour un branchement particulier que celle d'un ménage comparable n'ayant pas un tel membre (Altaf *et alii*, 1993). Au Nigéria, 5 années supplémentaires de scolarité accroissent le consentement à payer d'un ménage d'environ 50%, à la fois pour les bornes fontaines et pour les branchements particuliers (Whittington, Lauria, 1991). Au Brésil, une famille dont le chef a passé de 1 à 5 ans à l'école a une probabilité de se connecter au réseau supérieure de 7% à celle d'une famille au chef sans aucune éducation (Briscoe *et alii*, 1990). Une famille dont le chef a terminé son cycle primaire a une probabilité de se connecter au réseau de distribution 6% supérieure à celle d'une famille dont aucun des membres ne l'a achevé (Briscoe *et alii*, 1990). Terminer son cycle secondaire accroît la probabilité de se connecter de 13% supplémentaire (Briscoe *et alii*, 1990).

De même le niveau d'éducation apparaît comme une variable significative qui influence le consentement à payer des ménages pour un accès aux bornes fontaines au sud d'Haïti (Whittington *et alii*, 1990).

Enfin au Bangladesh, le niveau d'éducation augmente la probabilité que les ménages consentent à payer pour un accès au branchement privé (Ahmad *et alii*, 2005).

### 3.1.3 Le genre

Dans les études d'évaluation contingente menée par la *Water Research Team* (1993), hommes et femmes ont été enquêtés afin de tester comment le genre influence le consentement à payer du ménage pour des services en eau améliorés. Parce que les femmes supportent plus la tâche de la collecte d'eau, les sociologues qui étudient la gestion domestique de l'eau supposent que les femmes attachent davantage d'importance à la fourniture d'eau améliorée que les hommes. Elles seraient donc disposées à payer plus pour de telles améliorations. Cependant, dans de nombreuses cultures, les femmes n'ont pas un contrôle équivalent à ceux des hommes sur les ressources financières du ménage ou y accèdent moins aisément.

Lorsqu'elle est interrogée sur ce que son ménage serait disposé à dépenser pour un approvisionnement amélioré, une femme peut être réticente ou incapable d'engager ainsi le ménage dans une obligation financière substantielle, même si à son avis, l'amélioration en vaudrait la dépense. De ce fait, le sens dont le genre peut influencer le consentement à payer des individus pour des services améliorés est difficilement prédictible.

Dans les études d'évaluation contingente de la *Water Research Team* (1993) où cet effet a été testé, le genre de l'enquêté s'est avéré être un déterminant statistiquement significatif. En Tanzanie et en Haïti, les enquêtées se déclaraient disposées à payer davantage pour accéder aux bornes fontaines que les enquêtés (Whittington *et alii*, 1989c ; Whittington *et alii*, 1990). Par contre, c'était le contraire au Nigéria puisque le consentement à payer des femmes pour les bornes fontaines et les branchements privatifs était inférieur de moitié à celui des hommes. (Whittington *et alii*, 1990). Et en Inde, le fait d'être une femme diminue la probabilité de consentir à se raccorder à un robinet sur cour (Singh *et alii*, 1993).

En d'autres termes, le genre de l'enquêté apparaît avoir une influence importante dans le consentement à payer qu'expriment les ménages mais le sens de cet effet dépend du contexte culturel spécifique.

### 3.1.4 La taille et la composition des ménages

Les études économétriques ont rarement mis en évidence d'effet significatif de la taille et de la composition du ménage sur le consentement à payer des ménages pour des services améliorés. Ceci était le cas des variables telles que : la taille du ménage, la proportion des femmes adultes dans la famille, la proportion d'enfants dans la famille, l'âge de l'enquêté, sa religion et l'expérience professionnelle en dehors de la communauté (par exemple lorsqu'un membre du ménage a travaillé à l'étranger).

## **3.2 L'influence des caractéristiques des modes d'approvisionnement existants et améliorés**

Il s'agit de la différence entre ce que les gens ont et ce qu'ils s'attendent à recevoir qui affecte leur demande pour des services « améliorés ». En effet, le consentement à payer des ménages pour un service d'approvisionnement en eau amélioré dépend autant des caractéristiques des alternatives existantes que des caractéristiques des systèmes améliorés. Le programme de recherche de la *Water Research Team* (1993) ainsi que les études plus récentes ont évalué les effets des coûts, de la qualité, de la régularité de l'approvisionnement (fiabilité) et du niveau de service sur la demande des ménages pour des services améliorés.

### 3.2.1 Le coût d'accès aux différents modes d'approvisionnement

Premièrement, la théorie économique suggère que le ménage est prêt à payer davantage pour un approvisionnement amélioré si les coûts, en temps et en argent, nécessaires à l'approvisionnement aux sources existantes sont élevés que si ces coûts sont bas. Or, les études de la *Water Research Team* ont démontré que leur influence est substantielle :

- Dans la zone aride du Pendjab, les ménages vivant à proximité d'un ruisseau ont un consentement à payer pour une connexion particulière trois fois moins élevé que celui des villageois vivant éloignés des sources traditionnelles fiables (Altaf *et alii*, 1993).
- En Haïti, le consentement à payer des ménages pour un raccordement privatif croît d'environ 40% si la distance à parcourir pour s'approvisionner à leur source actuelle augmente d'un kilomètre (Whittington *et alii*, 1990). Cependant, le fait que les ménages estiment que l'eau issue de leur source traditionnelle est bonne, diminue leur

consentement à payer pour un service amélioré (branchement privé et borne fontaine).

- Au Kenya, une augmentation de 10% du prix de l'eau pratiqué par les revendeurs ou du temps requis pour collecter l'eau à un puits communautaire se traduit par une augmentation de 2% de la probabilité qu'un ménage achète l'eau à la borne fontaine (Whittington *et alii*, 1990).
- Dans les villages du Pendjab, presque tous les ménages avaient installé une pompe à main privée dans leur maison, qu'ils résident dans des zones où l'eau est saumâtre ou dans des zones à eau douce. Beaucoup avaient aussi installé une pompe électrique pour refouler l'eau de la nappe dans un réservoir de stockage surélevé, qui fournissait de l'eau aux robinets à l'intérieur de la maison. Ces ménages ont donc répliqué les services d'eau à la disposition de ceux qui sont raccordés à un système public. Comme ils avaient résolu eux-mêmes leurs problèmes d'approvisionnement, ces ménages étaient beaucoup moins disposés à payer pour un système public que ceux qui n'avaient pas déjà réalisé de tels investissements (Altaf *et alii*, 1993).
- Au Brésil les ménages vivant dans des zones où l'eau est abondante étaient disposés à payer 22% de moins pour un raccordement privatif que les ménages vivant dans une zone aride (Briscoe *et alii*, 1990).

Dans les études plus récentes, on observe notamment au Népal que les ménages qui utilisent uniquement les autres sources d'approvisionnement (branchement privé et bornes fontaines exclus) sont moins disposés à payer pour accéder à un raccordement privé (Whittington *et alii*, 2002).

Au Sri Lanka, les ménages qui ont accès à un puits privé sont moins disposés à payer pour un branchement privé (Pattanayak *et alii*, 2006).

Mais il faut être prudent avec ces résultats car il n'a pas toujours été validé que les gens vivant dans des zones où l'eau est abondante sont disposés à payer moins que ceux pour lesquels les alternatives existantes sont rares. En effet, les premiers peuvent avoir des niveaux d'éducation ou de revenus supérieurs (ou les deux) qui accroissent leur consentement à payer. Par exemple, les habitants du sud-est du Brésil, aux ressources hydriques abondantes, se sont avérés disposés à payer beaucoup plus pour des systèmes améliorés que ceux des contrées très pauvres et sèches du sud de la Tanzanie (Briscoe *et alii*, 1990 ; Whittington *et alii*, 1989c).

Deuxièmement, la théorie économique suggère que plus une source d'eau améliorée est coûteuse en capital, en coûts financiers récurrents et en temps, moins il est probable qu'un ménage la choisisse.

Cette hypothèse est confirmée par toutes les études de cas de la *Water Research Team* (Banque mondiale). En effet, l'élasticité de la demande pour des sources améliorées par rapport au tarif mensuel (c'est-à-dire le pourcentage de diminution qu'entraîne un accroissement de 1% du tarif mensuel sur la probabilité d'utilisation de cette source) est souvent étonnamment élevée, tant pour les bornes fontaines (-0,7 au Zimbabwe et -0,4 au Kenya) que pour les raccordements privés (-1,5 en Inde, -0,7 au Brésil et -0,7 au Pakistan). Pour le Pakistan et l'Inde, les données collectées ont permis de calculer l'élasticité de la demande pour des sources améliorées vis-à-vis des coûts et charges initiales de raccordements : -0,3 en Inde et -0,2 dans les zones à eau douce du Pendjab, -0,1 dans les zones à eau saumâtre. Ces résultats indiquent que les ménages répondent à la fois aux tarifs mensuels et aux charges de raccordement initial. Ils montrent aussi que ces effets sont souvent mesurables.

Dans les pays en développement, de nombreuses femmes passent une proportion significative de leur journée à transporter l'eau depuis leurs sources d'approvisionnement jusque chez elles. Un des principaux bénéfices de l'amélioration des systèmes de desserte en eau telles que les robinets domiciliaires, les pompes à main et les bornes fontaines réside dans la réduction du temps parfois considérable que passent les femmes à recueillir et surtout transporter l'eau (Churchill *et alii*, 1987). Le temps ainsi économisé peut être consacré à d'autres usages productifs tels que les tâches agricoles, un emploi salarié, l'éducation des enfants ou la préparation des repas (Curtis, 1986 ; Cairncross et Cliff, 1987).

Dans une étude réalisée au Mali (Calkins *et alii*, 2002), les choix fondés sur le consentement à payer des ménages pour s'approvisionner aux bornes fontaines ont été comparés avec les comportements avérés d'utilisation des points de ces points d'eau. 74% des 62 ménages enquêtés achètent leur eau de boisson et de cuisine aux bornes fontaines, les autres s'approvisionnent à des puits privés ou communautaires. Le consentement à payer des premiers est supérieur à la moyenne et celui des seconds, inférieur, mais l'écart n'est pas significatif. Le facteur le plus discriminant et significatif entre les deux sous-groupes est la distance relative séparant un ménage des deux types de sources d'approvisionnement (bornes fontaines et puits).

Parce que différentes améliorations des systèmes d'approvisionnement en eau entraînent des réductions différentes du temps passé à s'approvisionner, le choix d'un niveau de service implique un compromis entre des coûts accrus et les bénéfices de la réduction du temps passé à transporter l'eau par les membres de la communauté (typiquement les femmes). Le choix de la technologie la plus appropriée par une communauté donnée peut ainsi être largement influencé par la valeur que les ménages attribuent à ce temps de transport.

Cependant, il y a peu de preuves empiriques concernant la valeur que les gens accordent au temps qu'ils consacrent à la collecte d'eau. Dans sa méthodologie d'évaluation de projets approvisionnement en eau, la Banque Interaméricaine de Développement suppose que les économies de temps devraient être évalués à 50% du coût du travail non qualifié dans l'économie locale. Il n'y a cependant pas de justification empirique à cette hypothèse. Des estimations de la valeur du temps obtenue à partir des études du choix des modes de transport des populations des pays développés indiquent que celles-ci évaluent les temps de transport à un niveau inférieur à celui-ci du coût du travail (Bruzelius, 1979 ; Yucel, 1975). Mais, il est difficile d'admettre d'utiliser ces résultats pour estimer les économies temporelles résultant d'une amélioration du service de l'eau dans les pays en développement.

Cette estimation de la valeur des économies de temps a été tentée à partir de la base de données de l'enquête de consentement à payer menée par la *Water Research Team* (1993) à Ukunda (Kenya). Les résultats indiquent que les ménages de ce village attribuent une valeur étonnamment élevée au temps qu'ils passent à collecter l'eau, une valeur approximativement égale au coût du travail non qualifié (Whittington *et alii*, 1990).

### 3.2.2 La qualité de l'eau perçue aux différents modes d'approvisionnement

Les résultats empiriques sont conformes à l'hypothèse selon laquelle les ménages devraient être d'autant plus enclins à payer pour une source améliorée lorsque la qualité perçue de la source existante est médiocre. Dans quelques cas, cet effet a pu être mesuré. Par exemple, les ménages du Kerala (Inde) vivant dans les zones où les nappes sont salées exprimaient une volonté de payer 30% supérieure à celle des ménages bénéficiant d'eaux souterraines de bonne qualité (Singh *et alii*, 1993). Dans la région d'eau saumâtre du Pendjab, l'eau fournie par les pompes à main privées était salée et souvent impropre à la boisson. Dans les villages dépourvus de réseaux d'eau, 62% des ménages avaient installé des moteurs électriques sur leurs puits pour extraire une eau de meilleure qualité des aquifères plus profonds et pour bénéficier de l'avantage d'avoir une

plomberie interne dans leur logement. Dans la zone à eau douce, ce chiffre se montait à 30% seulement (Altaf *et alii*, 1993).

Dans d'autres régions, la qualité des ressources alternatives était un déterminant statistiquement significatif du consentement à payer des ménages pour des services améliorés, mais les effets en étaient peu substantiels. En Haïti, par exemple, les ménages qui qualifiaient la qualité de leurs ressources en eau existantes de « médiocre », étaient prêts à payer environ 10% de plus pour un branchement domiciliaire que ceux qui la trouvaient « satisfaisante » ou « bonne » (Whittington *et alii*, 1990). L'effet était également faible au Kenya (Whittington *et alii*, 1990).

Au Népal, les ménages qui pensent que la question de la contamination de l'eau est un problème majeur ont un consentement à payer plus élevé pour un service qui réduit les risques sanitaires liées à la contamination de l'eau (Whittington *et alii*, 2002). Plus précisément, les ménages déjà raccordés qui pensent que l'eau du réseau est sale, voire très sale, sont moins disposés à rester connectés et à payer une facture plus élevée.

Au Bangladesh, le fait que les ménages considèrent l'eau du réseau (branchement privé et borne fontaine) commode mais surtout meilleure pour la santé est une considération importante dans la demande des ménages pour un service amélioré (Ahmad *et alii*, 2005).

Enfin au Sri Lanka, les ménages qui ont conscience que les sources traditionnelles connaissent un problème de contamination de l'eau, sont plus disposés à payer pour accéder au branchement privé (Pattanayak *et alii*, 2006).

### 3.2.3 La fiabilité des modes d'approvisionnement

La fiabilité est un déterminant crucial : les ménages sont typiquement disposés à payer bien davantage si l'eau d'une source améliorée est disponible de façon permanente. Dans deux des zones d'étude de la *Water Research Team* (1993), l'Inde et le Pakistan, les systèmes existants gérés par le gouvernement fournissaient l'eau de façon sporadique, pendant quelques heures seulement chaque jour, voire pas du tout certains jours (Singh *et alii*, 1993 ; Altaf *et alii*, 1993). Cette absence de fiabilité était à l'origine d'une insatisfaction considérable. Par exemple, seulement 17% des ménages indiens déjà raccordés au réseau de distribution s'estimaient satisfaits du système. À l'opposé, 62% de ceux qui n'étaient pas connectés exprimaient leur satisfaction vis-à-vis de leur mode d'approvisionnement en eau (Singh *et alii*, 1993).

En Inde comme au Pakistan, les ménages des villages équipés de réseaux ont été interrogés sur leur consentement à payer pour un service plus fiable.

Dans l'étude au Mali (Calkins *et alii*, 2002), 75% des ménages d'approvisionnement aux puits ont exprimé un consentement à payer pour s'approvisionner aux bornes fontaines supérieur ou égal au tarif en vigueur à ces points d'eau à condition que le service rendu soit plus fiable et la gestion sans reproche.

Au Népal, les ménages qui pensent que l'eau provenant de leur branchement privé présente des risques sanitaires et que surtout que l'eau y est irrégulière, sont plus disposés à rester connectés et à payer plus cher. Ceci est lié à la proposition d'un service continu et d'une eau potable. De même, les ménages qui traitent leur eau et qui surtout la stockent, sont plus disposés à rester connectés. En effet, les comportements de traitement et stockage fournissent un signal de valeur que les ménages accordent à un service amélioré (Whittington *et alii*, 2002).

### 3.2.4 Le niveau de service

La plupart des études se sont penchées sur la demande des ménages pour chacun des deux niveaux de service amélioré suivants : bornes fontaines et raccordements privés (ou branchements sur cour). Bien souvent, le consentement à payer pour des branchements privés était largement supérieur au consentement à payer pour une borne fontaine : de 100% au Nigéria, de 130% dans la zone aride du Pendjab (Whittington, Lauria, 1991 ; Altaf *et alii*, 1993). Au Brésil et en Inde, les ménages ne manifestaient aucun enthousiasme pour les bornes fontaines mais acceptaient de payer pour des branchements individuels (Briscoe *et alii*, 1990 ; Singh *et alii*, 1993).

Ce n'est qu'en Haïti que la différence pouvait être considérée comme modeste (la préférence était environ 25% plus élevée pour les branchements privés que pour les bornes fontaines, Whittington *et alii*, 1990). Parfois, les points d'eau publics « améliorés » étaient même perçus comme un désavantage.

### 3.2.5 Les attitudes des ménages envers la gestion gouvernementale du service public d'eau

Au Nigéria, les ménages dépensaient beaucoup d'argent pendant la saison sèche pour acheter l'eau à des revendeurs motorisés (camions-citernes) et à des voisins, en moyenne 6\$ par mois, soit 6 à 10% de leurs revenus annuels. Pourtant, lorsqu'ils étaient interrogés sur leur consentement à payer pour accéder à une borne fontaine ou à un raccordement privatif au réseau de distribution, ils indiquaient des montants significativement inférieurs à ce qu'ils dépensaient déjà pour l'achat d'eau. Par exemple, 30% des enquêtés consacraient mensuellement 7\$ à l'achat d'eau aux revendeurs ou aux livreurs en saison sèche mais seulement 2% acceptaient de payer au moins le même montant pour bénéficier d'un branchement privé. La raison majeure de cette attitude contradictoire résidait dans le fait que beaucoup d'enquêtés estimaient avoir droit à une eau gratuite ou subventionnée et pensaient qu'il était du devoir du gouvernement de fournir à leur village un nouveau système de distribution d'eau. Les enquêtés qui préféraient « attendre l'aide du gouvernement » avaient un consentement à payer 30% inférieur à celui des enquêtés qui exprimaient une vue plus réaliste des capacités de l'État (Whittington *et alii*, 1991).

L'effet du sentiment de « droit à l'eau » ou de « droit à des services publics améliorés » sur le consentement à payer des ménages est une question soulevée par de nombreuses études.

Par exemple, au lendemain de l'indépendance du Congo, le premier gouvernement promit de fournir gratuitement l'eau à la population. Il en résulta quelques années plus tard de grandes résistances à l'introduction d'une politique de bornes fontaines payantes (Dianzinga, 1984). De même, au Zimbabwe, le gouvernement du jeune État indépendant avait fait des promesses aux paysans pendant la guerre de libération et la vaste majorité des ménages considéraient désormais qu'il était du devoir de l'État de fournir l'eau (Robinson, 1988).

Dans les pays où l'indépendance est relativement ancienne et l'histoire des promesses non tenues assez longue, les gens manifestent souvent un profond cynisme au sujet de la capacité du gouvernement à fournir un service de l'eau gratuit de qualité raisonnable. On peut illustrer cela avec l'étude de cas de Kerala (Inde). Les enquêteurs ont demandé aux ménages s'ils se connecteraient à un réseau en cours d'étude. De nombreux enquêtés ont fait remarquer que des canalisations avaient bien été mises en place dix ans plus tôt dans le cadre d'un plan d'urgence pour faire face à la sécheresse mais que ce réseau n'avait jamais été opérationnel. Lorsque les

enquêteurs ont affirmé que les autorités avaient commandé cette étude pour un nouveau réseau, ils leur ont répondu que « seules les élections allaient venir, pas l'eau » (Singh *et alii*, 1993).

Au Pendjab, les ménages qui vivent dans des centres déjà dotés d'un réseau de distribution d'eau se montrèrent extrêmement sceptiques lorsqu'on les interrogea sur leur consentement à payer pour bénéficier d'un système plus fiable et acceptèrent des niveaux de participation financière très en dessous de ceux des villageois qui vivaient dans des centres n'ayant pas connu cette mauvaise expérience (Altaf *et alii*, 1993).

En Tanzanie, l'« eau gratuite » avait été une promesse majeure du premier gouvernement au moment de l'indépendance mais, après plus de trois décennies de recul, plus de la moitié des ménages enquêtés dans le district de Newala exprimaient le sentiment que le gouvernement ne devrait pas être responsable d'une fourniture d'eau gratuite. Les ménages qui avaient renoncé à l'espoir d'obtenir de l'eau gratuite acceptaient de payer 20% de plus que ceux qui croyaient encore que c'était la responsabilité du gouvernement. En dépit de leur scepticisme quant aux promesses gouvernementales, de nombreux enquêtés estiment toujours qu'ils ont droit à une eau gratuite ou subventionnée. Certains estiment qu'ils payent déjà des impôts et que ceux-ci devraient financer l'amélioration du service et donc, qu'il n'est pas nécessaire de payer davantage. D'autres ont connaissance de villes et de centres où des services améliorés ont été offerts à des prix subventionnés et estiment qu'il serait injuste que l'on paye plus cher chez eux qu'ailleurs. Enfin, certains pensent qu'il est plus intéressant d'attendre que se matérialisent les projets d'adduction, plutôt que de s'engager à payer des prix « réalistes » dès maintenant (Whittington *et alii*, 1989c).

Enfin au Sri Lanka, peu de ménages déclarent se raccorder au réseau si le service amélioré est fourni par le secteur privé, contrairement à un secteur public réformé (Pattanayak *et alii*, 2006). Ceci montre qu'il est aussi possible que l'arrivée des opérateurs privés dans le secteur de distribution d'eau potable peut générer des réserves du côté des populations.

Lorsque les réponses des enquêtés aux questions de consentement à payer sont influencées par leur sentiment de « droit à l'eau gratuite », elles sont évidemment incapables de révéler la « vraie » valeur économique que les ménages attribuent au service. Mais les résultats mettent en évidence un facteur également important pour les choix de gestion : ce sens du droit ou de l'équité peut être un obstacle significatif à une tarification économiquement efficace. Cependant, des études révèlent que les citoyens de nombreux pays s'interrogent de plus en plus sur le rôle qui revient à l'État dans le secteur de l'eau et que l'opinion publique sur ce point évolue. Notre propre enquête (Dakar), dix ans après la privatisation du secteur, révélera en partie l'opinion publique sur ce sujet.

# Chapitre 2

## **L'enquête eau Dakar (2005) : objectifs, méthodologie et principaux résultats**

Après avoir présenté en introduction les « performances » du secteur depuis la privatisation, notamment en terme de distribution d'eau potable, nous avons mené une enquête auprès des ménages afin de définir la structure réelle des modes d'approvisionnement en eau des quartiers de Dakar en 2005. Nous souhaitons établir s'il existe depuis 1996, comme le prétendent les études que nous avons citées en introduction, une évolution notable de l'accès des ménages aux services améliorés (branchement privé et bornes fontaines). De plus, compte tenu des hausses tarifaires encore probables pour financer les investissements engagés dans le cadre du PLT, nous avons interrogé les ménages sur leur consentement à payer pour des services améliorés en eau potable.

Dans une première section, nous présentons les objectifs, la méthodologie et les principales étapes de l'enquête eau Dakar (2005). Puis dans une seconde section, nous décrivons les grands résultats en terme de structure des modes d'approvisionnement en eau. Enfin dans une dernière section, nous présentons tous les résultats relatifs au consentement à payer des ménages de Dakar pour des systèmes améliorés d'eau potable (branchement privé et bornes fontaines).

### **Section 1 : Objectifs, méthodologie et principales étapes de notre enquête eau Dakar (2005)**

#### **1.1 Contexte et objectifs de notre enquête**

Suite à la réforme du secteur de l'eau, de nombreux investissements (dans le cadre du PSE) ont du être engagés pour financer le Projet d'Approvisionnement en Eau du Sénégal qui débute en 1995. Ce projet s'était alors fixé trois objectifs de développement :

- 1) Le « développement durable »<sup>40</sup> du secteur de l'eau d'ici l'an 2002 ;
- 2) La réduction de la pauvreté et l'amélioration de la santé et ;
- 3) La participation du secteur privé à la gestion des réseaux urbains d'approvisionnement en eau.

Afin d'atteindre l'objectif de développement durable, il était alors prévu d'améliorer les systèmes de gestion de l'eau, de fixation des prix et de recouvrement des coûts, réduisant ainsi la dépendance du secteur vis-à-vis des subventions du gouvernement. La réduction de la pauvreté et l'amélioration de la santé passent par une plus grande accessibilité de la population urbaine défavorisée à l'eau potable.

C'est dans ce contexte que la Banque mondiale a été sollicité par le Ministère de l'Hydraulique du Sénégal pour mener en 1996 une enquête de consentement à payer des ménages de Dakar pour des services améliorés d'eau potable. Cette enquête a porté essentiellement sur une évaluation du consentement à payer des ménages (la demande) pour des améliorations proposées dans le cadre du Projet Sectoriel Eau (1996-2003). Des enquêtes sur le terrain ont alors été entreprises à Dakar du 1 juin au 4 juillet 1996 et le rapport final non publié a été élaboré en 1997 (Banque mondiale, 1997)<sup>41</sup>. Les objectifs généraux de cette étude étaient d'obtenir, à partir d'une enquête sur les ménages par échantillonnage aléatoire menée à Dakar et à Rufisque, les données sur les éléments suivants :

- 1) La situation sur l'approvisionnement en eau et sur les pratiques d'assainissement ;
- 2) La définition des priorités en ce qui concerne les améliorations à apporter au système d'approvisionnement en eau et d'assainissement ;
- 3) Le consentement à payer pour des services améliorés d'approvisionnement en eau et d'assainissement ;
- 4) Les caractéristiques socio-économiques des ménages échantillonnés.

En se servant des plans des villes de Dakar et de Rufisque, les principales agences d'approvisionnement en eau et d'assainissement, la SONES<sup>42</sup>, la SDE<sup>43</sup> et la DPS<sup>44</sup> avaient localisé trois principales catégories de ménages :

---

<sup>40</sup> Nous reprenons les notations et le vocabulaire du Projet.

<sup>41</sup> La référence exacte est : Lauria, D.T, Alfredo, H.C, Anthony, A.K (1997), « Final Report on Willingness to Pay for Improved Water and Sanitation in Dakar, Senegal », A report to the Senegal National Water Society, the government of Senegal, and the World Bank, unpublished. Chapel Hill, North Carolina. Dans la thèse, nous référencerons cette enquête par Banque mondiale (1997).

<sup>42</sup> SONES : Société Nationale des Eaux du Sénégal.

<sup>43</sup> SDE : Sénégalaise Des Eaux.

1) Les zones « rouges »<sup>45</sup> où la majorité des ménages tiraient l'eau des bornes fontaines et des puits, en priorité ;

2) Les zones « bleues »<sup>46</sup> où la majorité des ménages était approvisionnée en eau à partir des branchements individuels à domicile ;

3) Les zones « brunes »<sup>47</sup> où la majorité des ménages s'approvisionnaient en eau principalement à partir des bornes fontaines, mais où il y avait aussi quelques branchements individuels.

Pour les ménages non raccordés (les zones rouges et brunes), les objectifs principaux de l'étude étaient les suivants :

- 1) Évaluer le degré de soutien à un programme qui viserait à augmenter le nombre de bornes fontaines et à augmenter la quantité d'eau disponible et ;
- 2) S'il fallait choisir entre des bornes fontaines améliorées et des branchements individuels, identifier l'option préférée, étant donné qu'il faudrait payer aussi bien le coût du branchement que la facture mensuelle de l'eau, si l'option du branchement était choisie.

Pour les ménages raccordés (les zones bleues et brunes pour la plupart), l'objectif principal de l'étude était d'observer la réaction à une augmentation du prix de l'eau : seraient-ils en mesure de continuer à consommer les mêmes quantités d'eau, avec, par conséquent, une facture d'eau plus élevée ? Ou, en résulterait-il une baisse de la consommation d'eau ? Si oui, de combien ?

Nous avons souhaité mener une étude similaire à celle conduite par la Banque mondiale (1997), dix ans après la politique volontariste de la SDE qui a accompagné la réforme du secteur. Nos objectifs étaient alors les suivants :

- 1) Notre premier objectif était de comparer la structure des modes d'approvisionnement en eau des ménages dans les divers quartiers de Dakar avec celle décrite par l'enquête de consentement à payer de la Banque mondiale (1997). Ainsi, dix ans après la réforme de la privatisation du secteur qui s'est accompagnée, grâce aux investissements dans le cadre du

---

<sup>44</sup> DPS : Direction de la Prévision et de la Statistique.

<sup>45</sup> Les zones « rouges » correspondent aux quartiers de Dakar suivants : Medina Marone 2, Nasroulahi, Dimath, Sam Sam II, Sam Sam III, Thiaroye Mer.

<sup>46</sup> Les zones « bleues » correspondent aux quartiers de Dakar suivants : Parcelles Assainies, Mermoz, Liberté I-III, Almadies, Grand Dakar, Médina, Colobane et Pikine.

<sup>47</sup> Les zones brunes correspondent aux quartiers de Dakar suivants : Grand Yoff, Hann Pêcheurs, Yeumbell, Guedjawaye et Pikine Guinaw Rail.

PSE, par une politique volontariste de la SDE en terme de raccordement des ménages et de densification du réseau des bornes fontaines, nous avons souhaité observer si la structure des modes d'approvisionnement des ménages de Dakar avait changé.

- 2) Puis notre second objectif était de tester en 2005, dans le contexte du PLT où de nouveaux investissements sont engagés pour accroître les capacités de production et de distribution d'eau potable, le consentement des ménages à supporter d'éventuelles nouvelles hausses tarifaires (aux bornes fontaines et au branchement privé) pour accéder à des services améliorés.

L'objectif global de notre enquête est alors de fournir un état des lieux de l'approvisionnement en eau potable des ménages de Dakar en 2005, de mesurer leur consentement à payer pour de nouveaux services améliorés et, de comparer nos résultats avec l'étude de la Banque mondiale (1997) réalisée au moment de la réforme du secteur.

Pour mettre en œuvre notre enquête, nous avons effectué deux séjours de recherche à Dakar : un premier séjour en mai et juin 2004 et un second séjour en septembre et octobre 2005. Dès le premier séjour, nous avons pris contact avec la DPS et la Banque mondiale afin de retrouver les documents relatifs à l'enquête de consentement à payer (Banque mondiale, 1997). Nous avons pu tous les recueillir. Ainsi, nous avons pu suivre la méthodologie de cette enquête et construire notre questionnaire à partir de celui de la Banque mondiale (1997)<sup>48</sup>.

## 1.2 Présentation de l'équipe

Plusieurs membres du personnel de la SONES, de la SDE, de la Banque mondiale et de la DPS ont participé à l'étude.

Tout d'abord, la Banque mondiale nous a donné accès aux archives, aux documents confidentiels relatifs à l'enquête menée en 1996 et en particulier, elle nous a fourni une copie du questionnaire originel.

La SONES et la SDE nous ont donné accès à des documents confidentiels relatifs aux études tarifaires de l'eau potable, aux investissements engagés dans le cadre du PSE et PLT ainsi qu'aux volumes des consommations des ménages aux raccordements privés (ordinaires et sociaux) et aux

---

<sup>48</sup> Le rapport de la Banque mondiale (1997), non publié mais que nous avons retrouvé dans les archives à Dakar, comportait en annexe le questionnaire de l'enquête réalisée en 1996.

bornes fontaines. En effet pour l'échantillonnage et le choix des quartiers à enquêter, il a fallu tenir compte de l'évolution de la situation entre 1996 (date de la réforme du secteur et de la privatisation) et 2005 puisqu'une vaste politique d'extension des réseaux de distribution d'eau potable (que nous avons décrite en première partie) avait été menée entre temps.

Le personnel de la DPS a participé à la formation des enquêteurs, au développement et à la finalisation du questionnaire. La formation des enquêteurs s'est faite en français et en Wolof afin de traduire le questionnaire en Wolof puisque la plupart des entretiens se sont faits en Wolof.

Nous avons pu recruter trois superviseurs expérimentés sur les enquêtes auprès des ménages dont un était membre de la DPS. Ainsi, la supervision et la formation ont été assurées par ces trois superviseurs, le Professeur Abdoulaye Diagne (directeur du CRES, Université Cheick Anta Diop, Dakar) et nous même.

Enfin, la DPS nous a aidé à recruter 16 enquêteurs. La plupart des candidats étaient d'un certain niveau de formation universitaire et bénéficiaient en plus d'une expérience de travail au sein de la DPS à l'occasion d'enquêtes précédentes sur les ménages (CREA<sup>49</sup> et CRES<sup>50</sup>, Université Cheick Anta Diop). Puis une séance de formation d'une journée s'est déroulée où le questionnaire a été précisément expliqué et traduit en Wolof. Ces enquêteurs ont pu ensuite participer sur le terrain au test du projet de questionnaire durant deux journées. Les enquêteurs ont été engagés et payés par le CRES suite au financement octroyé par l'UNSRID<sup>51</sup> et le CRDI<sup>52</sup>.

### 1.3 La conception du questionnaire<sup>53</sup>

Il s'est avéré que la construction du questionnaire serait difficile car d'un côté, nous souhaitions réaliser une étude proche de celle réalisée en 1996 sur l'aspect consentement à payer pour des systèmes améliorés d'eau potable et d'un autre côté, nous souhaitions, à travers le questionnaire, mettre en évidence comme dans les enquêtes réalisées par Hydroconseil<sup>54</sup> (1998), les déterminants des choix des ménages entre les différentes sources d'approvisionnement en eau potable (branchement privé, borne fontaine, charretiers/porteurs d'eau, puits et voisin).

---

<sup>49</sup> CREA : Centre de Recherches Economiques Appliquées.

<sup>50</sup> CRES : Consortium pour la Recherche Economique et Sociale.

<sup>51</sup> UNSRID: United Nations Research Institute for Social Development.

<sup>52</sup> CRDI : Centre de Recherches pour le Développement International.

<sup>53</sup> Le questionnaire final est présenté dans son intégralité dans l'annexe 2.

<sup>54</sup> 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.

Pour ce faire, de nombreuses réunions de travail avec des membres du CREA, du CRES et de la DPS autour de la construction du questionnaire ont eu lieu sur une période trois semaines (mai 2004).

La version finale du questionnaire, en langue française, comporte 12 pages avec 50 questions.

Les grandes sections du questionnaire sont les suivantes :

- A) Les renseignements démographiques sur le ménage du répondant ;
- B) Les modes d’approvisionnement en eau et pratiques de consommation du ménage ;
- C) Avantages et inconvénients des différents systèmes d’approvisionnement en eau ;
- D) La consentement à payer pour un système amélioré d’alimentation en eau et ;
- E) Les caractéristiques socio-économiques du ménage du répondant.

Nous présentons rapidement l’ensemble des quatre blocs du questionnaire.

A) Le bloc « Renseignements démographiques sur le ménage »

Cette partie comporte une série de questions concernant le sexe, l’âge, la situation matrimoniale, le nombre d’épouses, le nombre d’enfants, la taille du ménage, l’alphabétisation et l’ethnie.

B) Le bloc « Modes d’approvisionnement en eau et pratiques de consommation » du questionnaire

Le questionnaire de consentement à payer inclut une partie destinée à recueillir les informations sur les modes d’approvisionnement en eau existants et l’opinion des ménages les concernant, de façon à examiner les relations entre le consentement à payer des ménages pour un système amélioré et leurs pratiques actuelles. D’un point de vue méthodologique, cette partie doit de préférence précéder celle contenant les questions sur le consentement à payer, de telle sorte que l’enquête puisse commencer à réfléchir à sa situation actuelle avant d’exprimer la valeur qu’il accorde à une amélioration possible.

De façon à permettre une compréhension fine du choix des ménages, il est tout aussi important de savoir quelles sources d’approvisionnement ils n’utilisent pas que de connaître celles auxquelles ils recourent. Pour bien concevoir les questions correspondantes, la première étape consiste donc à déterminer toutes les options possibles. Elles incluent à la fois des sources traditionnelles (puits) et des sources d’approvisionnement améliorées (borne fontaine,

branchement privé), ainsi que l'achat d'eau à des revendeurs-livreurs (charretiers et porteurs d'eau) ou à des revendeurs de voisinage (Morel à l'Huissier, 1990).

Pour chacun des modes possibles de sources d'approvisionnement, il est intéressant de poser les questions suivantes :

- Utilisation ou non de la source d'approvisionnement ;
- Si oui, quantité d'eau prélevée à cette source ;
- Usage de l'eau prélevée à cette source (en distinguant eau de boisson, eau d'hygiène, eau de lavage, eau de cuisine, eau d'arrosage) ;
- Le prix de l'eau à cette source ;
- La distance (ou le temps de parcours) séparant le domicile de cette source ;
- Le temps d'attente moyen ou maximum à cette source ;
- La perception que l'enquêté a de la qualité de l'eau fournie par cette source et son appréciation de la distance, du prix et du temps d'attente.

C) Avantages et inconvénients des différents systèmes d'approvisionnement en eau potable

D) Le bloc « Consentement à payer pour des systèmes améliorés d'approvisionnement en eau »

La section de consentement à payer est divisée en deux parties principales, une partie s'adressant aux ménages non raccordés (D.1) et l'autre partie aux ménages raccordés (D.2).

D.1) Pour les ménages non raccordés

Les ménages ont d'abord reçu des informations concernant les intentions de la SONES visant à augmenter le nombre de bornes fontaines et la disponibilité de l'eau à partir de ces bornes à Dakar. Puis, ils ont été informés qu'une fois les améliorations apportées, les prix seraient de **P** FCFA par bassine dans leur quartier<sup>55</sup>. On a demandé aux enquêtés de répondre par oui ou par non à la question suivante : seriez-vous en faveur d'un plan d'amélioration des bornes fontaines dans votre quartier si le prix à payer était de **P** ? Des échantillons partagés ont été utilisés afin de déterminer l'effet des prix **P** différents sans avoir à présenter à chaque enquêté plus d'une valeur au niveau des prix. C'est-à-dire, qu'aucun enquêté n'a eu à dire s'il serait d'accord pour deux ou plusieurs prix différents pour un service amélioré des bornes fontaines.

---

<sup>55</sup> Les valeurs de P et de tous les autres prix en gras dans cette section sont indiquées dans les tableaux ci-dessous. Le taux de change est de 650 FCFA = 1 euro.

La question sur les bornes fontaines était suivie par une description du service qu'ils pourraient obtenir avec un branchement individuel à domicile, dans le cas où celui-ci deviendrait disponible dans le quartier. On leur a dit que :

- 1) Le branchement lui-même reviendrait pour chaque ménage à 6000 FCFA tous les deux mois pendant quatre années ;
- 2) Le montant de la facture d'eau varierait en fonction de la quantité de consommation réelle et ;
- 3) Pour un ménage de la taille du leur, le montant à payer serait d'une moyenne de **Y** FCFA tous les deux mois (pour un volume de consommation d'eau de 30 m<sup>3</sup>), en plus du coût du branchement initial. Des échantillons différents ont été utilisés pour tester des valeurs **Y** différentes afin que les enquêtés individuels ne soient pas sollicités à répondre pour plus d'un seul prix.

On leur a ensuite demandé de répondre à la question : « si on vous donnait l'option entre l'utilisation des bornes fontaines améliorées ou le branchement individuel à la maison, laquelle de ces deux options préféreriez-vous ? (Aucune ?) » Aux ménages ayant dit préférer rester sans branchement, on a posé la question suivante : « changeriez-vous d'avis si le coût de raccordement baissait à 3000 FCFA tous les deux mois, étant entendu que la facture bimensuelle de consommation de l'eau demeurerait la même ? »

#### D.2) Pour les ménages raccordés

La section sur le consentement à payer pour les ménages raccordés était également divisée en deux parties. La première partie informait que le prix de l'eau allait augmenter au cours des douze prochains mois et, serait augmenté périodiquement par la suite, à cause d'un prêt qui serait accordé à la SONES pour l'amélioration du système. Les enquêtés ont été informés qu'après la première hausse des prix, leur facture d'eau serait augmentée de **Z** FCFA tous les deux mois sur une période d'un an, si leur consommation d'eau demeurait constante (les valeurs **Z** utilisées dans les échantillons partagés étant indiquées ci-dessous). On leur a dit qu'ils auraient à choisir entre trois options principales :

- 1) Ne pas changer leurs habitudes de consommation et ainsi être appelés à payer l'augmentation ;
- 2) Réduire leur niveau de consommation pour tenter de minimiser, voire d'éliminer toute augmentation ultérieure de la facture d'eau ;
- 3) Résilier leur raccordement et obtenir l'eau en provenance d'autres sources.

Si la réponse était l'option 2, on leur a demandé quels moyens seraient mis en œuvre pour y parvenir et quel volume de réduction en consommation d'eau en résulterait-il ?

**Tableau 18 : Répartition des trois types de questionnaires aux ménages (6 sous échantillons de ménages)**

Sous échantillons	Ménages non raccordés		Ménages raccordés
	Bornes fontaines Prix <b>P</b> FCFA par bassine de 30 litres	Facture d'eau <b>Y</b> FCFA tous les deux mois (30 m <sup>3</sup> )	Augmentation de la facture d'eau de <b>Z</b> FCFA tous les deux mois
Ménages 1 (100)	35	10 000	500
Ménages 2 (100)	40	12 500	750
Ménages 3 (100)	45	15 000	1 000

E) Le bloc « Caractéristiques socio-économiques du ménage » du questionnaire

C'est dans cette partie du questionnaire que le risque est le plus grand de poser des questions inutilement nombreuses, allongeant excessivement la durée des interviews ou produisant des réponses peu fiables et inutilisables.

Il est par exemple inutile de se conformer au modèle de l'enquête socio-économique où l'on enregistre les noms et âges de chacun des membres du ménage. Pour notre enquête, il peut suffire de demander le nombre d'adultes hommes et femmes (de plus de 15 ans) et le nombre d'enfants (moins de 15 ans).

L'estimation des revenus pose un véritable problème dans les enquêtes au Sénégal. Non seulement les réponses sont peu fiables. De plus, cette question suscite une méfiance presque systématique, de nombreux refus de réponses et parfois même l'abandon immédiat de l'interview par l'enquêté. Si la question doit être posée, il est préférable de la poser à la fin. Mais nous préférons ne pas la poser et de lui substituer une série de questions courtes concernant la possession ou non par le ménage ou par un de ses membres de certains biens d'équipement, de confort ou patrimoniaux, permettant de construire éventuellement un indicateur de richesse. Des études montrent qu'un tel indicateur constitue un très bon estimateur (Whittington *et alii*, 1990). En milieu urbain notamment (Dakar), certaines caractéristiques de l'habitat (toit, mur, sol, nombre de pièces à usage d'habitation, types d'équipements en eau) sont de bons indicateurs de richesse.

Enfin, dans la mesure où le consentement à payer peut être affecté par la catégorie socioprofessionnelle (CSP) des adultes du ménage et dans la mesure où de nombreux individus cumulent plusieurs occupations rémunératrices, il est nécessaire de demander au moins les deux principales activités et leur statut (salarié ou non salarié).

## 1.4 L'échantillonnage

Au début de la mise en œuvre de l'enquête, au cours de plusieurs entretiens avec des représentants de la SONES et de la SDE, il a été clairement démontré que la sélection d'au moins dix quartiers à échantillonner serait nécessaire et que le nombre de ménages devraient être au moins de 300. L'enquête de consentement à payer (Banque mondiale, 1997) avait un échantillon de 1000 ménages mais il nous était impossible avec les moyens financiers (budget alloué par l'UNSRID et le CRDI) dont on disposait de dépasser un échantillon de 300 ménages. Compte tenu des enquêtes précédentes réalisées à Dakar (Banque mondiale, 1997 ; Hydroconseil, 1998), nous avons décidé que l'échantillon serait tiré de onze quartiers différents de Dakar (comprenant aussi Pikine, une banlieue adjacente à la zone urbaine qui couvre le district métropolitain de Dakar). Une carte géographique de Dakar avec les différents quartiers est présentée en annexe 3.

Les différentes réunions avec les représentants des divers services et bureaux de la SONES et de la SDE nous ont permis de recueillir des données sur le nombre de raccordements privés (branchements ordinaires et sociaux) et de bornes fontaines dans les grands quartiers de Dakar. Ainsi, nous avons pu dégager les grandes caractéristiques des quartiers en termes de modes d'approvisionnement en eau potable. Ceci nous a permis d'avoir une première idée des sites à enquêter.

Puis plusieurs réunions se sont ensuite déroulées avec certains membres du CREA, du CRES et de la DPS pour vérifier que l'échantillonnage était bien adapté aux objectifs de l'enquête. Les deux principaux critères suivants ont alors été adoptés pour la construction de l'échantillon : l'existence des services actuels d'approvisionnement en eau et la situation socio-économique des ménages. Pour le premier critère, on s'est référé à la cartographie des branchements privés et des bornes fontaines fournie par la SDE. Pour le second critère, nous avons utilisé les renseignements socio-économiques des ménages fournis par la base de données issue de ESAM<sup>56</sup> (1995).

---

<sup>56</sup> ESAM : Enquête Sénégalaise Auprès des Ménages.

Cependant, il est difficile d'arriver à un échantillonnage des ménages représentatif des divers niveaux d'utilisation des sources d'approvisionnement en eau. En effet, il est très difficile de définir *ex ante* les caractéristiques en terme de structure des modes d'approvisionnement en eau de chaque quartier de Dakar, surtout pour les modes d'approvisionnement informels (charretiers et porteurs d'eau), les puits seyaan et la revente de voisinage. Pour ces derniers aspects, nous avons repris les renseignements fournis par une enquête réalisée à Dakar par Hydroconseil (1998). Pour l'approvisionnement en eau par les bornes fontaines, nous avons visité les annexes de la SDE dans chacun des quartiers à enquêter pour obtenir une liste avec les adresses des différentes bornes fontaines.

En croisant l'enquête de la Banque mondiale (1997) et d'Hydroconseil (1998), nous avons sélectionné onze quartiers de Dakar avec des niveaux de services d'eau divers. Dans chaque quartier, nous avons défini les parts de ménages raccordés et non raccordés à enquêter compte tenu d'une part, de la part de la population du quartier dans la population totale de Dakar (ESAM, 1995) et d'autre part, de la part des raccordés et des non raccordés dans chacun des quartiers (SDE). Mais suite au pré-test où il s'est révélé qu'il était plus difficile de trouver des ménages raccordés ou non raccordés que ce qui avait été défini. Nous sommes donc arrivés à l'échantillonnage décrit dans le tableau suivant. La distribution des questionnaires s'est faite comme décrite dans le tableau 19 suivant.

**Tableau 19 : Répartition de l'échantillon entre les différents quartiers**

Nom du quartier	Nombre total de ménages enquêtés	Nombre de ménages raccordés enquêtés	Nombre de ménages non raccordés enquêtés
Ben Barraque	30	15	15
Boune	29	14	15
Fass Mbao	13	12	1
Grand Yoff	66	45	21
Hamdallaye 1	30	15	15
Keur Massar	30	15	15
Médina Fass Mbao	21	6	15
Mermoz	17	17	0
Ouakam	25	0	25
Autre Pikine	5	0	5
Yeumbell	36	20	16
Total	302	159	143

Au total, 302 questionnaires ont été administrés. 159 questionnaires ont concerné des ménages raccordés auxquels on a demandé s'ils étaient prêts à payer une facture bimensuelle d'eau plus

élevée suite à une augmentation des prix. 143 questionnaires ont concerné des ménages non raccordés auxquels on a demandé s'ils étaient prêts à payer pour un système amélioré de bornes fontaines et auxquels on a aussi demandé s'ils étaient prêts à payer pour accéder à un branchement privé. Les différentes versions des questionnaires (avec des prix **P**, **Y** et **Z** différents) ont été distribuées de manière aléatoire parmi les ménages enquêtés.

## **1.5 Le pré-test et la finalisation du questionnaire**

Le test du questionnaire initial (le pré-test) s'est déroulé pendant deux jours dans les quartiers prédéfinis pour l'enquête. Les enquêteurs étaient chargés d'enquêter quatre ménages chacun (deux ménages avec branchement et deux ménages sans branchement) dans les quartiers où l'enquête devait ensuite se dérouler. Ceci signifie qu'à l'issue du pré-test nous avons 64 questionnaires à éplucher. Cette étape constitue un point très important de la méthodologie à suivre. Il est en effet très important de tester au préalable le questionnaire. Une étude attentive de ces questionnaires a nécessité une journée. Cette journée est décisive puisque l'exploitation de la pré-enquête test a conduit à modifier substantiellement le questionnaire ménage initial.

## **1.6 L'enquête auprès des ménages**

L'enquête sur les ménages a duré 7 jours. Les enquêteurs recevaient un paiement forfaitaire pour assurer leurs frais de transport (aller et retour). Chaque jour, les superviseurs se réunissaient pour passer en revue les problèmes vécus la veille, pour soumettre et discuter les questionnaires remplis pendant la journée précédente, et pour obtenir les nouveaux questionnaires pour la journée.

Une fois sur le terrain, chaque enquêteur devait deux fois par jour (à l'issue de la matinée et de l'après midi) rapporter les questionnaires remplis au superviseur (vérificateur). Un contrôle des erreurs éventuelles était fait pendant que l'enquêteur poursuivait ses interviews dans les ménages suivants. À son retour avec ces derniers questionnaires remplis, le superviseur pouvait discuter de tout problème détecté dans les questionnaires précédents. Ainsi, tous les questionnaires ont été quotidiennement passés en revue sur le terrain, et toute correction pouvait se faire sur le champ.

La saisie des données a duré quatre jours grâce au recrutement de quatre opératrices de saisie expérimentées au logiciel SPSS.

## 1.7 Les enquêtes complémentaires à l'enquête ménages

### 1.7.1 Une enquête auprès des fontainiers<sup>57</sup>

Il est en effet judicieux de croiser quelques-unes des informations obtenues par l'enquête ménages sur les quantités d'eau consommées avec le choix du mode d'approvisionnement. Il est en effet difficile d'obtenir des informations fiables sur les usages de l'eau en demandant directement aux gens la quantité d'eau que chaque membre du ménage utilise : un enquêté peut ne pas être capable d'estimer les volumes ou ne pas savoir combien de bassines ou d'autres récipients les autres membres du ménage ont ramenés des bornes fontaines. Lorsque les consommations spécifiques par habitant sont faibles, on peut supposer que chacun connaît avec davantage de précision la quantité d'eau consommée par le ménage que lorsque l'eau est plus facilement accessible. Pourtant, même dans ce cas, un membre masculin du ménage peut très bien ne pas avoir une idée claire de la quantité d'eau que les femmes collectent.

Une façon de valider ou de compléter les informations obtenues au cours de l'enquête ménages est alors d'enquêter aux points d'eau existants (bornes fontaines) et de noter les volumes collectés par les individus qui viennent s'y approvisionner. C'est pourquoi, nous avons réalisé une enquête auprès de 80 fontainiers en mettant l'accent dans le questionnaire sur les volumes de consommation et les prix pratiqués par contenant (seau et bassine). Ainsi, nous avons pu vérifier la cohérence des réponses notamment sur les aspects des prix des seaux et des bassines d'eau à la borne fontaine.

### 1.7.2 Une enquête sur la revente de l'eau (informelle)<sup>58</sup>

Un autre moyen de croiser les résultats obtenus sur les consentements à payer des ménages consiste à observer ce que ceux-ci dépensent réellement pour l'eau lorsqu'ils l'achètent à des revendeurs informels et de voir si leurs enchères sont raisonnables compte tenu des prix de l'eau du marché de la revente informelle. En effet, des revendeurs d'eau opèrent dans la plupart des villes en développement et dans de nombreuses zones rurales de ces pays. Les enquêtes réalisées à Dakar (Banque mondiale, 1997 et Hydroconseil, 1998) avaient révélé l'existence de charretiers et de porteurs d'eau informels surtout dans la banlieue de Dakar. Nous avons voulu observer si

---

<sup>57</sup> Le questionnaire « fontainiers » (16 pages) n'est pas fourni en annexe mais est disponible sur demande.

<sup>58</sup> Le questionnaire « charretiers/porteurs d'eau » (16 pages) n'est pas fourni en annexe mais est disponible sur demande.

approximativement dix ans après la privatisation qui a donné lieu à un vaste programme d'extension des réseaux de branchements privés et de bornes fontaines, ces opérateurs existaient toujours. C'est pourquoi, nous avons choisi d'enquêter 120 charretiers/porteurs d'eau dans la banlieue de Dakar. Cette étude vise à déterminer les quantités d'eau revendues (seaux et fûts) et les prix pratiqués, pouvant apporter des informations précieuses sur la somme que les ménages sont prêts à consentir pour l'eau. Souvent, les ménages les plus pauvres achètent l'eau à des revendeurs à un prix supérieur au coût que représenterait leur raccordement à un réseau (branchement privé) (Whittington *et alii*, 1989a).

Le questionnaire met l'accent sur la formation et la structure des coûts, les tarifs pratiqués et les quantités revendues. Plus précisément, il faut avoir en tête tous les participants au système de revente, depuis la source d'approvisionnement (puits ou borne fontaine) jusqu'aux clients finals (les ménages mais aussi d'autres clients tels que les maraîchers, fleuristes, briquetiers informels qui achètent souvent l'eau auprès de ces revendeurs informels). Compte tenu du nombre d'intervenants intermédiaires (fontainiers puis revendeurs informels), on comprend d'une part que, si chacun d'eux pratique une marge sur le prix de l'eau et d'autre part, si les clients finals sont nombreux alors, des tensions inflationnistes sur le prix de l'eau apparaissent. L'enquête sur la revente d'eau peut alors permettre de déduire l'ordre de grandeur des bénéfices des revendeurs et leur capacité à contrôler les prix.

Du fait que la revente de l'eau est une activité du secteur informel, on ne trouve que rarement des informations officielles sur son étendue et son échelle. L'évaluation, même grossière, des flux monétaires et des quantités d'eau impliquées relève donc en quelque sorte d'un travail de « détective ». Il s'agit d'un travail de détective car premièrement, en interviewant les participants de la revente de l'eau aux deux pôles de la transaction acheteur-vendeur, les prix de revente pratiqués peuvent être approximés. Deuxièmement, il s'agit d'un travail de détective compte tenu des nombreuses difficultés que nos enquêteurs ont pu rencontrer sur le terrain. Tout d'abord, il a fallu repérer à partir des bornes fontaines, les revendeurs d'eau informels (charretiers et porteurs) qui venaient s'y approvisionner. Nous avons fourni à nos enquêteurs une liste très précise des adresses des différentes bornes fontaines dans chaque quartier qu'ils devaient enquêter. La stratégie de nos enquêteurs a donc consisté à observer et détecter les revendeurs d'eau informels qui venaient s'approvisionner aux bornes. Puis, ils ont tenté de les accoster pour leur demander de répondre au questionnaire. Mais bien souvent, le coût d'opportunité du temps nécessaire pour répondre à l'interview étant élevé pour le revendeur d'eau, qui bien souvent transporte aussi d'autres marchandises (ciment, briques ou meubles, etc.), les enquêteurs ont dû acheter un seau

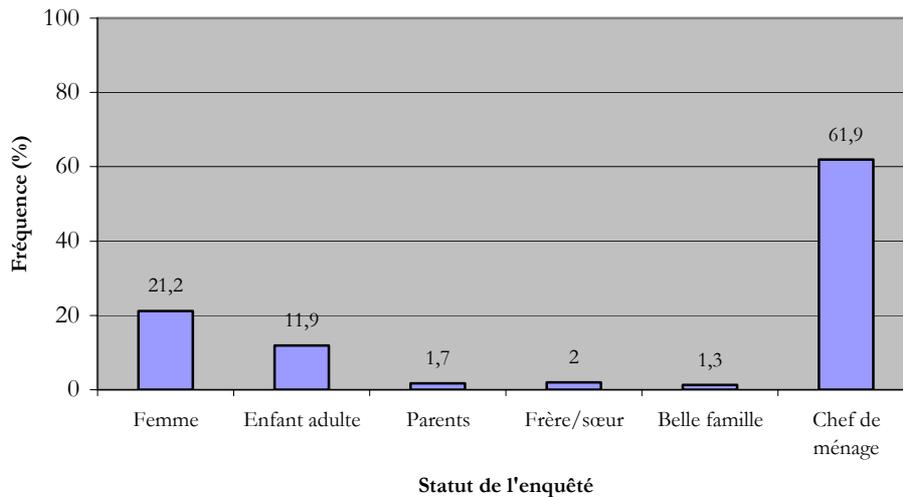
ou un fût d'eau pour que l'enquêté leur alloue le temps nécessaire à l'interview. Ou alors, l'enquêteur devait monter dans la charrette du revendeur pour faire l'interview durant le temps de transport de la livraison. Mais malgré ces difficultés, les 120 questionnaires ont tous pu être administrés dans les quartiers souhaités.

Malgré cela, on peut dire qu'il est plus difficile d'obtenir des informations sur la quantité totale d'eau revendue et sur les prix pratiqués. La raison principale est que le charretier ne transporte pas que de l'eau mais d'autres marchandises. Le transport informel de l'eau dépend des conditions qui affectent le réseau de distribution d'eau potable (coupures ponctuelles ou plus longues au niveau des branchements ou des bornes fontaines, par quartier ou sur plusieurs quartiers, selon qu'il s'agisse d'une période de sécheresse ou de pluie, etc.). Il y a de fortes fluctuations autour de la revente informelle d'eau. Notre enquête a eu lieu lors d'une période d'inondations accrues dans la banlieue de Dakar (septembre 2005). Ainsi, les charretiers étaient bien plus occupés à déménager les meubles des populations dont les habitations étaient inondées qu'à livrer l'eau à domicile. Mais en enquêtant auprès d'un certain nombre de revendeurs et en les suivant au cours de leurs tournées quotidiennes, on peut tenter d'approximer le niveau de vente moyen par revendeur, même si la quantité d'eau totale écoulée par tous les revendeurs de la ville demeure inconnue. Nous travaillons encore sur la base de données issue de cette enquête auprès des revendeurs informels.

## **Section 2 : Les grands résultats de l'enquête auprès des ménages « eau », Dakar (2005)**

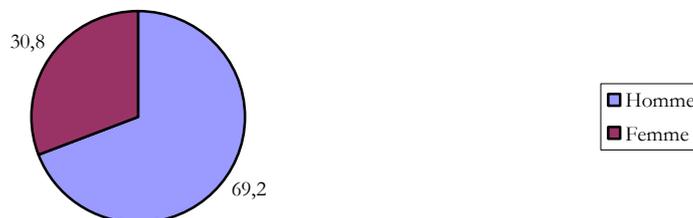
L'enquête qui a porté sur 302 ménages révèle que 61,9% des personnes enquêtées sont des chefs de ménage, 21,2% sont les femmes des chefs de ménage, 11,9% sont des enfants adultes des chefs de ménage. Plus rarement, les personnes enquêtées sont les parents (1,7%), les frères et sœurs (2%) ou la belle famille (1,3%) (voir graphique 1).

**Graphique 1 : Statut de l'enquêté**



69,2% des ménages enquêtés sont représentés par un chef de ménage homme et 30,8% par un chef de ménage femme (voir graphique 2).

**Graphique 2 : Genre du chef de ménage (%)**

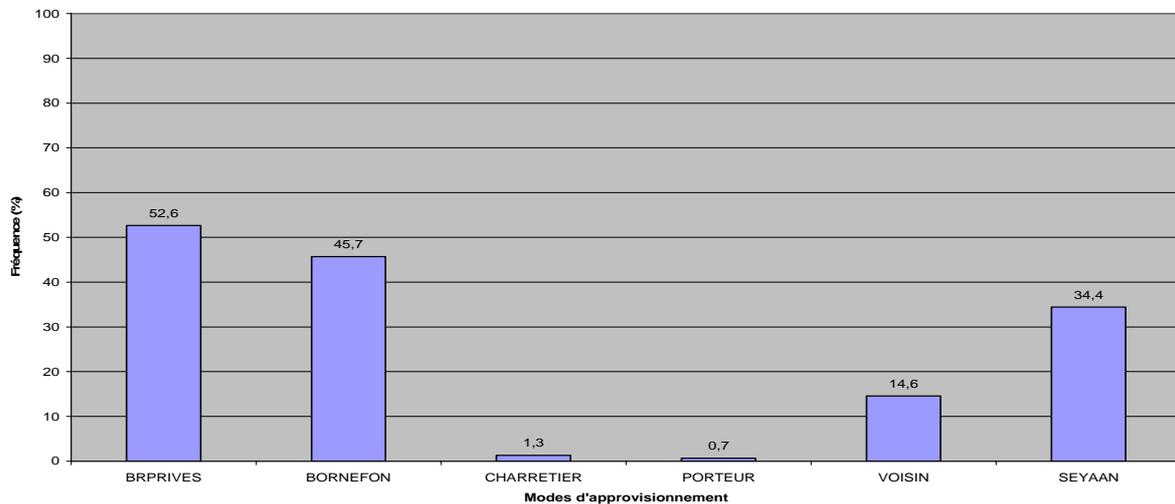


## **2.1 La diversité des modes d'approvisionnement en eau potable : des quartiers de Dakar encore hétérogènes (2005)**

L'enquête montre qu'en 2005, les ménages de Dakar utilisent encore diverses sources d'approvisionnement en eau potable. Mais certains modes d'approvisionnement sont plus utilisés que d'autres. Tout d'abord, parmi les 302 ménages enquêtés, 52,6% d'entre eux sont raccordés au branchement privé, 45,7% d'entre eux utilisent les bornes fontaines. Une proportion relativement importante utilise aussi les puits seyaan (34,4%) et l'eau de voisinage (14,6%). Ce dernier résultat est intéressant car il montre que le recours aux voisins est une pratique encore courante à Dakar bien qu'illégal (dans l'hypothèse où les voisins vendent leur eau). Par contre l'enquête de 2005

révèle que peu de ménages recourent aux opérateurs informels : 1,3% et 0,7% d'entre eux achètent l'eau auprès des charretiers et des porteurs d'eau (voir graphique 3).

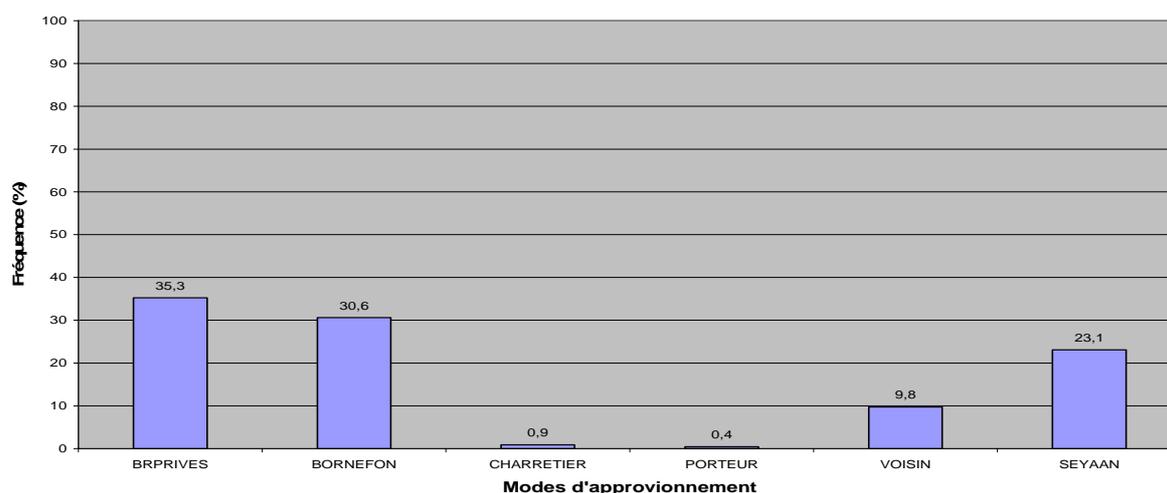
**Graphique 3 : Proportion des ménages utilisant les différents modes d'approvisionnement**



Le graphique 4 décrit alors la structure en termes de modes d'approvisionnement en eau potable des ménages de Dakar (2005). Il apparaît que le branchement privé représente 35,3% de l'approvisionnement en eau total des ménages, constituant ainsi la première source. La seconde source est constituée des bornes fontaines puisqu'elles représentent 30,6% de l'approvisionnement total. Les puits seyaan représentent ensuite le troisième mode d'approvisionnement (23,1%) et, les voisins, le quatrième (9,8%). Enfin, les opérateurs informels (charretiers et porteurs) ne représentent respectivement que 0,9% et 0,4% de l'approvisionnement en eau des ménages de Dakar. Ce résultat du poids relativement faible des opérateurs informels dans l'approvisionnement en eau des ménages nous semble décalé par rapport à la réalité du terrain, même s'il est vrai que la part de l'informel tend constamment à diminuer depuis les 10 ans de politique volontariste de la SDE en terme d'extension des réseaux de distribution. Cette sous-estimation peut s'expliquer par le contexte dans lequel l'enquête a été réalisée et par un éventuel biais dans les réponses des ménages qui n'osent pas avouer leur recours à l'informel de peur de représailles éventuelles de la part de la SDE. En effet, celle-ci a mené depuis presque dix ans une politique volontariste en terme d'extension du réseau de distribution combinée à une politique tarifaire « sociale ». Les ménages n'osent probablement pas avouer que malgré cela, ils recourent toujours à l'informel. De plus, l'enquête révèle aussi que les clients relativement fidèles aux opérateurs informels sont souvent les maraîchers, les fleuristes et les briquetiers informels qui achètent des fûts d'eau de 200 litres pour les besoins de leur activité

informelle. Enfin il faut noter que nous avons réalisé l'enquête en septembre 2005 dans un contexte de très fortes inondations causant une épidémie de choléra. Les charretiers étaient très sollicités pour déménager les meubles des habitations endommagées et donc très peu occupés à transporter l'eau, compte tenu des faibles besoins des populations. Les ménages ont des visions relativement court-termistes et ont peut être plus raisonner sur leur consommation d'eau en saison des pluies. Peut être que si l'enquête s'était déroulée en saison sèche, les réponses auraient été différentes ? Dans une étape future, notre travail consistera à analyser notre base de données issue de l'enquête que nous avons réalisée auprès des 120 opérateurs informels (charretiers et porteurs) afin de déterminer quels sont les principaux clients de ces opérateurs informels : vendent-ils si peu aux ménages ? On constate en effet que les principaux clients sont les maraîchers, fleuristes et briquetiers informels.

**Graphique 4 : Structure en terme de mode d'approvisionnement**

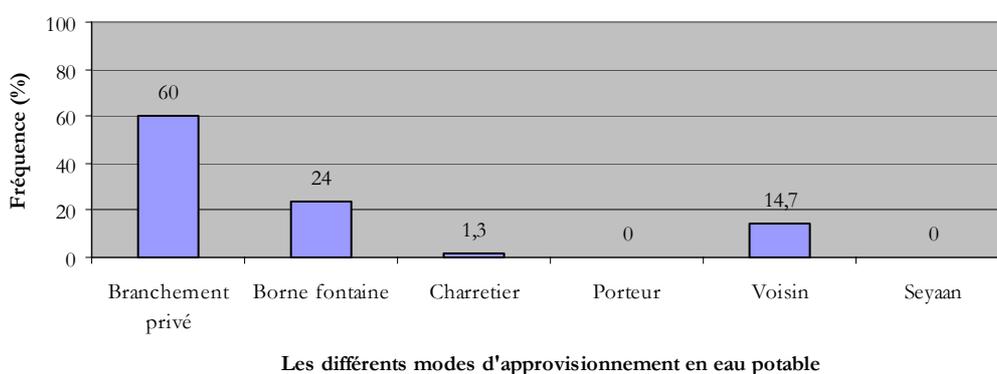


En dépit de cette diversité des modes d'approvisionnement en eau, l'enquête révèle que sa structure diffère beaucoup selon les quartiers. Tout d'abord, il s'est révélé durant l'enquête qu'il était impossible de trouver dans le quartier Mermoz (quartier « riche ») des ménages non raccordés. Dans ce quartier, le branchement privé constitue la seule source d'approvisionnement en eau des ménages (100%).

### 2.1.1 Les quartiers dominés par un recours des ménages au branchement privé (2005)

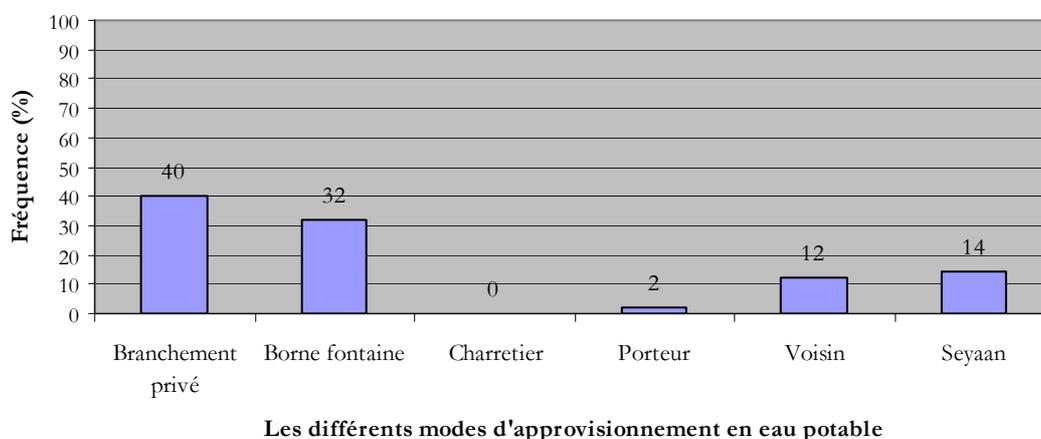
Dans le quartier Grand Yoff, on observe que le branchement privé est la première source d'approvisionnement en eau des ménages (60%), suivie des bornes fontaines (24%), des voisins (14,7%) et enfin, des charretiers (1,3%) (voir graphique 5).

**Graphique 5 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Grand Yoff**



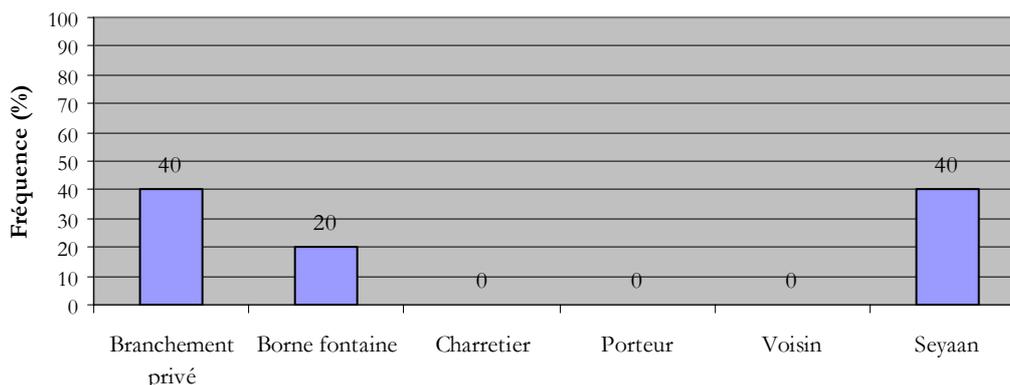
De même à Yeumbell, le branchement privé constitue la première source d'approvisionnement en eau (40%) et les bornes fontaines la seconde (32%). Puis, ce sont les puits seyaan (14%), les voisins (12%) et les porteurs (2%) qui approvisionnent les ménages (voir graphique 6).

**Graphique 6 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Yeumbeul**



Dans le quartier Fass Mbao, le branchement privé représente aussi la première source d’approvisionnement en eau des ménages (40%) mais à égalité avec le puits seyaan (40%), la borne fontaine constituant la seule et unique autre source d’approvisionnement (20%) après les deux précédents (voir graphique 7).

**Graphique 7 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Fass Mbao**

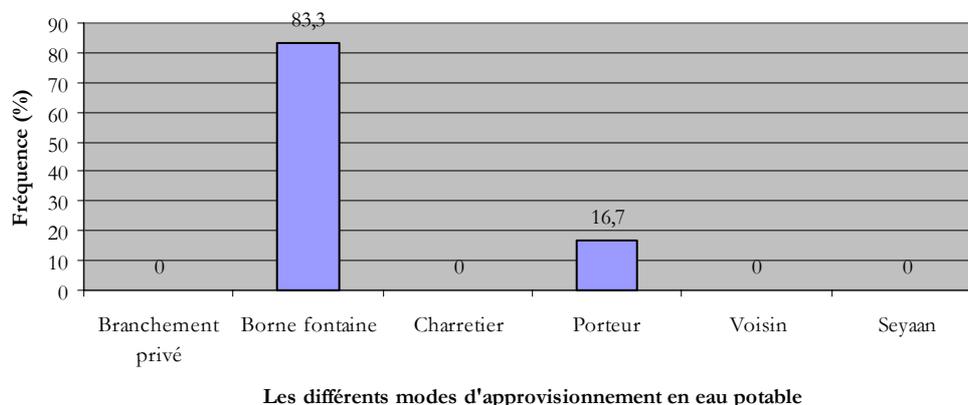


**Les différents modes d'approvisionnement en eau potable**

### 2.1.2 Les quartiers dominés par un recours des ménages aux bornes fontaines (2005)

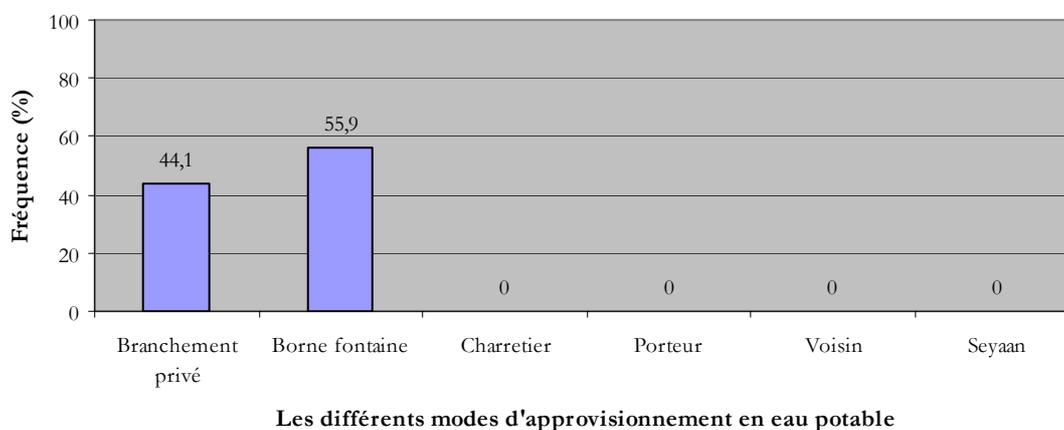
Compte tenu du caractère très irrégulier du quartier « autre pikine », il n’est pas étonnant de constater que dans notre enquête, aucun ménage n’a recours au branchement privé (voir graphique 8). En effet, ces habitats ne peuvent pas être raccordés au réseau puisqu’ils sont occupés de façon spontanée ce qui ne permet pas aux ménages de délivrer à la SDE un titre de propriété nécessaire à une demande de raccordement. Ceci explique que 83,3% de l’approvisionnement en eau des ménages de ce quartier provienne des bornes fontaines. Le second et dernier autre mode d’approvisionnement en eau dans ce quartier est celui des porteurs d’eau (opérateurs informels). Ici, les opérateurs informels offre un approvisionnement à domicile pour les ménages non raccordés qui ne souhaitent pas ou ne peuvent pas se déplacer eux-mêmes aux bornes fontaines. C’est le quartier enquêté dans lequel la part de l’approvisionnement par les porteurs d’eau est la plus élevée (16,7%).

**Graphique 8 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Autre Pikine**



Les bornes fontaines représentent aussi dans le quartier de Hamdalaye1 la source principale de l'approvisionnement en eau des ménages (55,9%) derrière le branchement privé (44,1%) (voir graphique 9). Cependant, l'enquête révèle que les ménages n'utilisent pas les autres modes d'approvisionnement (parmi les ménages enquêtés).

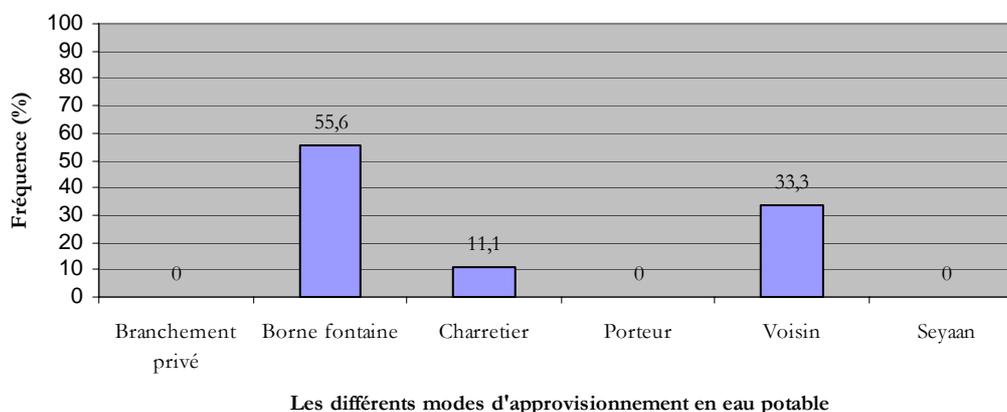
**Graphique 9 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Hamdalaye 1**



À Ouakam, les bornes fontaines représentent aussi la source principale de l'approvisionnement en eau des ménages (55,6%) (voir graphique 10). Les voisins représentent la seconde source d'approvisionnement et en représentent une part très importante (33,3%). D'après l'enquête, c'est dans ce quartier de Dakar que le recours à l'eau de voisinage se révèle être le plus important puisqu'il représente un tiers de l'approvisionnement en eau des ménages. Ceci signifie aussi que le raccordement privé existe dans ce quartier, même si aucun des ménages enquêtés n'est raccordé.

Enfin, les charretiers approvisionnent 11,1% des ménages de Ouakam, c'est le quartier enquêté où l'approvisionnement en eau par les charretiers (opérateurs informels) est le plus important.

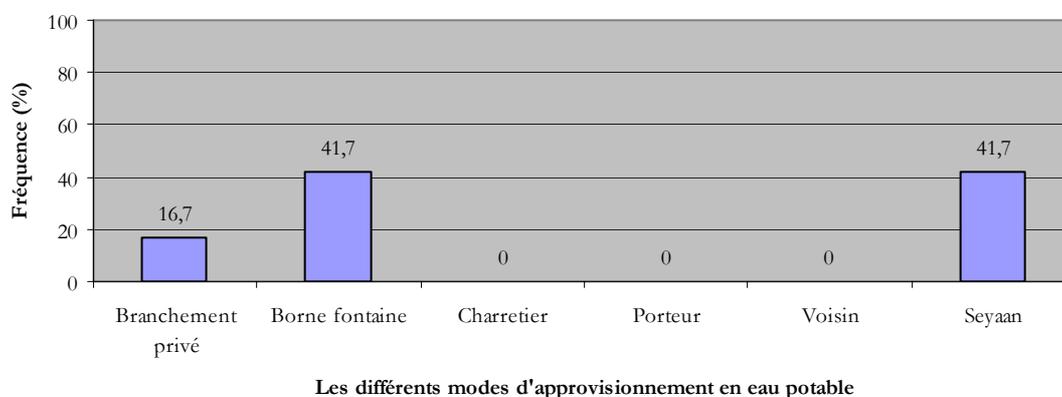
**Graphique 10 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Ouakam**



### 2.1.3 Les quartiers dominés par un recours des ménages aux puits seyaan (2005)

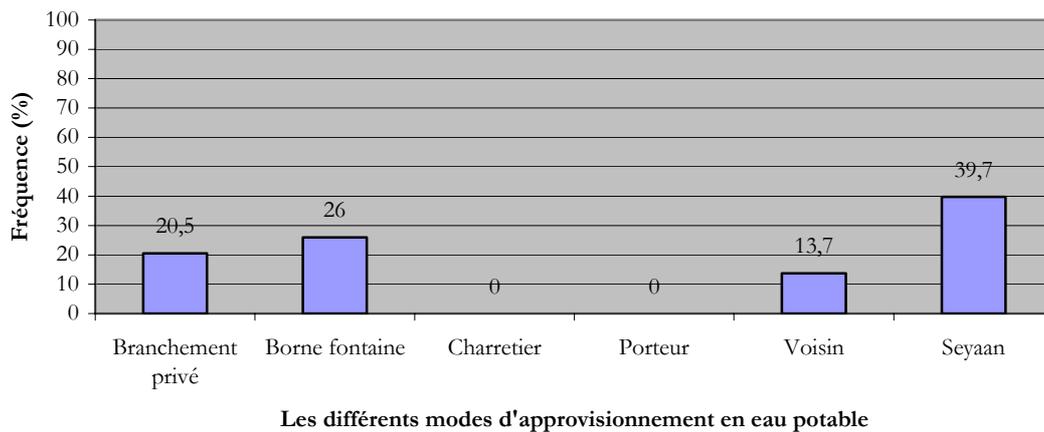
Médina Fass Mbaou est un quartier dont l'approvisionnement en eau *via* les bornes fontaines et les puits seyaan se fait à part égale (41,7% chacun) (voir graphique 11). C'est le quartier enquêté dont la part des puits seyaan dans l'approvisionnement en eau total des ménages est la plus élevée. Enfin, la troisième et dernière source d'approvisionnement est le branchement privé, mais la part est relativement faible (16,7% seulement).

**Graphique 11 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Médina Fass Mbaou**



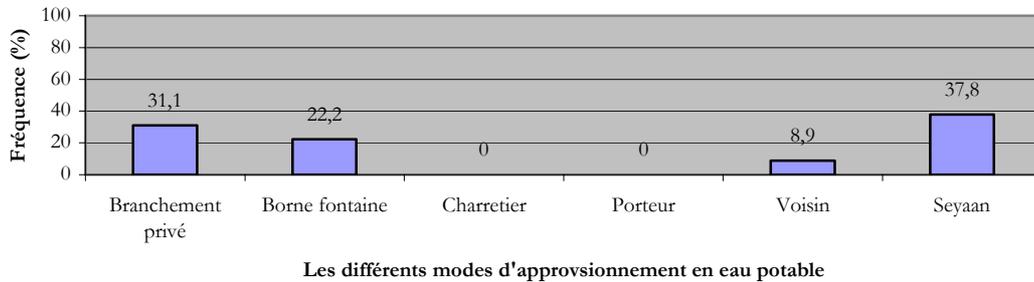
Dans le quartier Keur Massar, le puits seyaan constitue aussi la source essentielle d’approvisionnement en eau des ménages (près de 40%) (voir graphique 12). Les autres modes d’approvisionnement en eau des ménages sont représentés respectivement par les bornes fontaines (26%), le branchement privé (20,5%) et les voisins (13,7%). L’enquête ne révèle pas de recours aux opérateurs informels (charretiers et porteurs).

**Graphique 12 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Keur Massar**



Enfin, l’enquête révèle que la principale source d’approvisionnement en eau des ménages du quartier Boune est aussi le puit seyaan puisque que celui-ci représente près de 38% de l’approvisionnement total (voir graphique 13). Cependant, contrairement au quartier précédent, le second mode est le branchement privé (31,1%). Enfin le reste de l’approvisionnement émane des bornes fontaines (22,2%) et des voisins (8,9%). Comme dans le quartier précédent, les ménages enquêtés ne déclarent pas s’approvisionner auprès des opérateurs informels bien que ces derniers existent (nous les avons vus sur le terrain), peut être parce qu’ils approvisionnent d’autres clientèles (maraîchers, fleuristes et briquetiers informels) ou peut être parce que les ménages n’osent pas avouer qu’il y recourent encore malgré la présence des bornes fontaines.

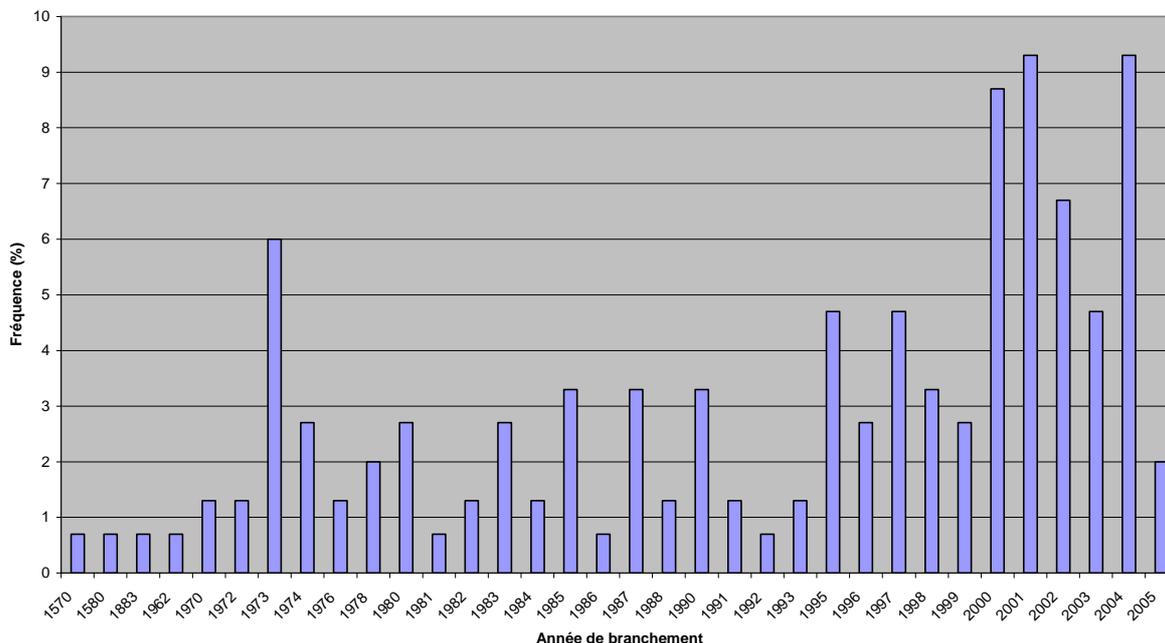
**Graphique 13 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Boune**



## **2.2 Le branchement privé : source principale et convoitée d'approvisionnement en eau potable des ménages de Dakar (2005)**

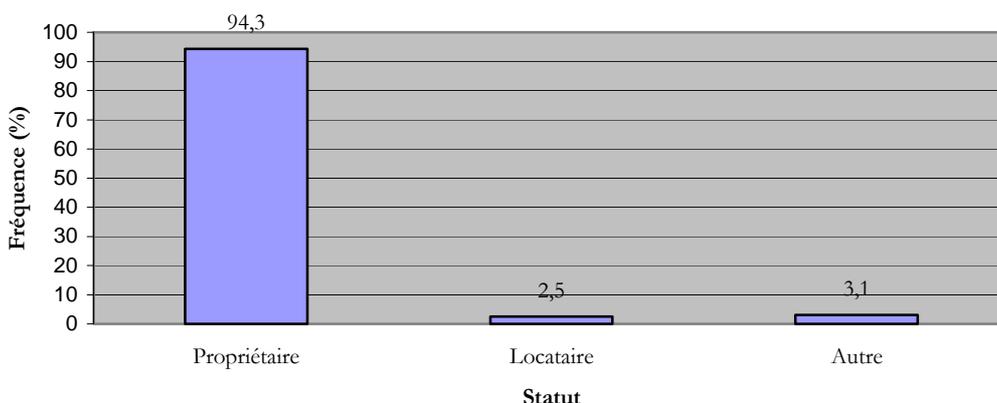
Malgré l'hétérogénéité des quartiers en terme de structure des modes d'approvisionnement en eau potable des ménages, le branchement privé représente la première source d'approvisionnement. On a vu qu'il représente pour la totalité des ménages enquêtés 35,3% de l'approvisionnement total. La politique volontariste de la SDE en termes de raccordements « massifs » menée depuis près de 10 ans semble avoir joué un rôle dans ce résultat. À ce titre, il est intéressant d'observer à partir du graphique ci-dessous en quelle année les ménages raccordés enquêtés ont obtenu leur branchement privé. Les résultats montrent qu'en dehors de l'année 1973 où 6% des enquêtés ont été raccordés, dans la majorité des autres cas, les branchements au réseau ont surtout eu lieu depuis 1995, moment de la réforme (privatisation) du secteur et du début de la politique volontariste en matière de raccordements (sociaux et ordinaires) des ménages. Notamment les années 2000, 2001 et 2004 furent des années de raccordements massifs puisque respectivement 8,8%, 9,2% et 9,2% des ménages obtiennent leur branchement à ces dates.

**Graphique 14 : Année de branchement au système de raccordement privé**



L'enquête permet de constater que, conformément aux conditions d'autorisation de raccordement par la SDE, 94,3% des personnes qui ont payé l'installation du branchement privé sont bien des propriétaires. Seulement dans 2,5% des cas, ce sont les locataires qui ont supporté le coût du raccordement initial (et dans 3,1% des cas par une autre personne, non précisée dans les questionnaires) (voir graphique 15).

**Graphique 15 : Statut de la personne ayant payé l'installation du branchement privé**



L'objectif de l'enquête visait aussi à rendre compte de l'opinion de l'ensemble des ménages (raccordés ou non) sur la politique menée depuis près de 10 ans par la SDE en matière de branchements privés (voir graphique 16). Les avis des ménages devaient porter sur plusieurs

thèmes : la hausse tarifaire, le nombre de branchements sociaux, le nombre de branchements ordinaires, la tarification sociale et le coût de raccordement. En effet, ces critères de « performance économique » sont souvent mis en avant pour démontrer les bénéfices de la privatisation du secteur qui aurait su mener en parallèle une véritable politique de lutte contre la pauvreté. Mais qu'en pensent réellement les ménages ?

Sur les différents sous-thèmes évoqués, on observe qu'un bon tiers des 302 ménages enquêtés ne formulent pas d'avis (voir graphique 16). Ceci peut s'expliquer par différentes raisons. Tout d'abord, il existe probablement un problème d'information des ménages sur les contenus réels de la politique menée surtout lorsque ces derniers n'ont pas réellement vu leurs situations changer depuis 10 ans. C'est le cas des ménages qui demeurent toujours non raccordés et dans des quartiers où le réseau des bornes fontaines s'est peu densifié. Une autre raison peut provenir d'une méfiance des enquêtés qui n'osent pas avouer leur opinion négative parce qu'ils attendent une réponse de la SDE pour leur propre branchement et craignent qu'en la dévoilant, ils soient sanctionnés. Ou alors, ils n'osent pas avouer leur opinion positive parce qu'ils espèrent mieux et pensent qu'en se taisant, la SDE pourrait être incitée à mettre en place une politique encore plus volontariste.

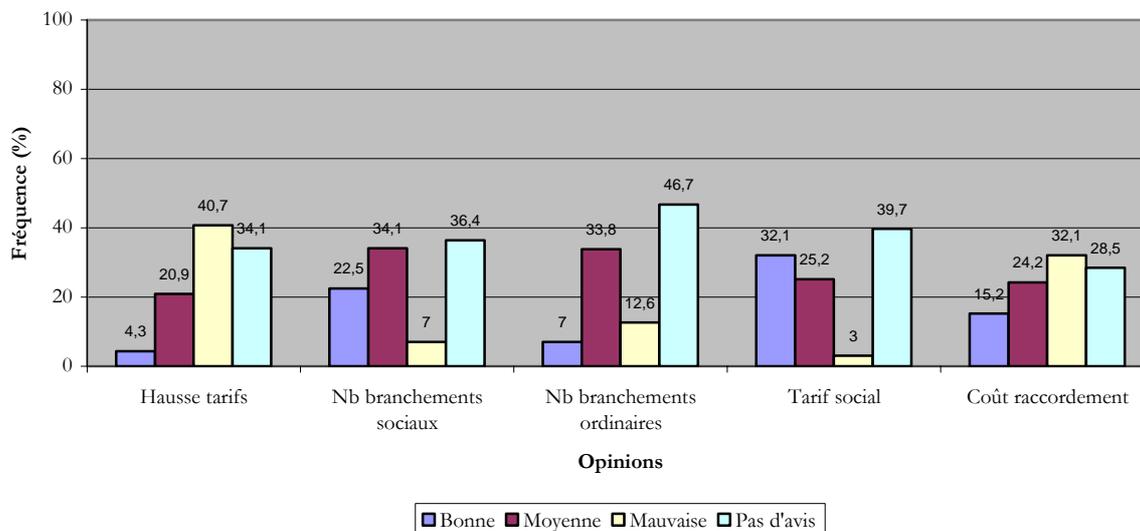
Concernant la politique tarifaire « sociale » menée par la SDE, 32,1% la considèrent « bonne » et seulement 3% la considèrent « mauvaise ».

Concernant le coût de raccordement, 32,1% considèrent la politique de la SDE « mauvaise » et seulement 15,2%, « bonne ». Ce résultat est intéressant car il montre que le coût de raccordement est toujours un obstacle financier pour les ménages qui souhaitent se raccorder.

En termes de branchements ordinaires, 33,8% considèrent la politique de la SDE « moyenne » et seulement 7%, « bonne ». Par contre, en termes de branchements sociaux, 22,5% la considèrent « bonne », 34,1% « moyenne » et seulement 7% « mauvaise ».

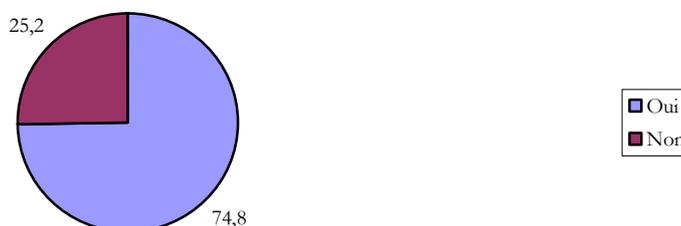
Enfin, la hausse tarifaire (qui rappelons nous a été de presque +3% par an entre 1996 et 2003) est très mal perçue par les ménages qui considèrent à 40,7% qu'elle est « mauvaise », à 20,9% « moyenne » et à seulement 4,3% « bonne ». Bien entendu, on comprend que les ménages n'aient pas en tête les « intérêts » de l'atteinte en 2003 de l'équilibre budgétaire du secteur ! Ils constatent seulement que cette hausse tarifaire resserre leur budget « eau ».

**Graphique 16 : Opinion des ménages sur la politique de la SDE en matière de branchements privés**



Enfin, l'enquête révèle que 74,8% des ménages enquêtés non raccordés envisagent un branchement futur (voir graphique 17). Ceci montre que l'obstacle actuel pour ces ménages peut être le coût de raccordement (ce qui justifie leur « mauvaise » opinion sur la politique de la SDE en terme de coût de raccordement présentée ci-dessus) ou, la détention d'un titre de propriété pour pouvoir déposer une demande auprès de la SDE. En effet, qu'ils soient propriétaires ou locataires, il faut de toute manière fournir un titre de propriété et il faut que quelqu'un (le propriétaire ou le locataire) accepte de supporter le coût de raccordement.

**Graphique 17 : Proportion des ménages non raccordés qui envisagent un branchement futur (%)**



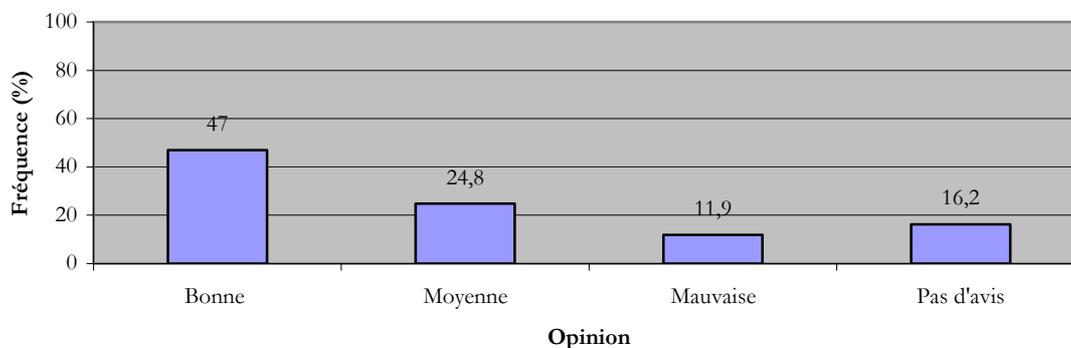
## 2.3 Les bornes fontaines : la seconde source d'approvisionnement en eau potable des ménages de Dakar (2005)

Rappelons que l'enquête révèle que 45,7% des ménages enquêtés utilisent les bornes fontaines et qu'elles représentent un tiers (30,6% exactement) de l'approvisionnement total en eau potable des ménages, juste après les branchements privés (35,3%). Il s'agit donc d'une source encore très présente à Dakar en 2005. Dans ce chapitre, nous ne présentons que les opinions des ménages vis-à-vis des bornes fontaines puisqu'un chapitre entier sera consacré à la consommation d'eau potable des ménages de Dakar aux bornes fontaines en 2005 (voir chapitre 4).

Simplement nous souhaitons ici mettre l'accent sur ce que l'enquête révèle au sujet de l'opinion des ménages sur ce mode d'approvisionnement puisque la SDE a mené depuis 10 ans, comme nous l'avons déjà dit, une politique très volontariste en augmentant, grâce aux investissements massifs, la densité du réseau des bornes fontaines dans de nombreux quartiers de Dakar.

Tous les ménages ont été interrogés sur leur opinion vis-à-vis de la politique menée en termes de bornes fontaines et il apparaît que près de la moitié des enquêtés la considèrent « bonne » (47% précisément), 24,8% la considèrent « moyenne » et 11,9% la considèrent « mauvaise ». Par contre, 16,2% n'émettent pas d'avis sur la question (cf arguments déjà avancés sur cette réponse sans avis concernant les branchements) (voir graphique 18).

**Graphique 18 : Opinion des ménages concernant la politique de la SDE en matière de bornes fontaines**



Nous avons aussi interrogé les ménages sur les améliorations à apporter au système des bornes fontaines (voir graphique 19). Plusieurs améliorations ont été proposées et tous les ménages ont du répondre par oui ou non.

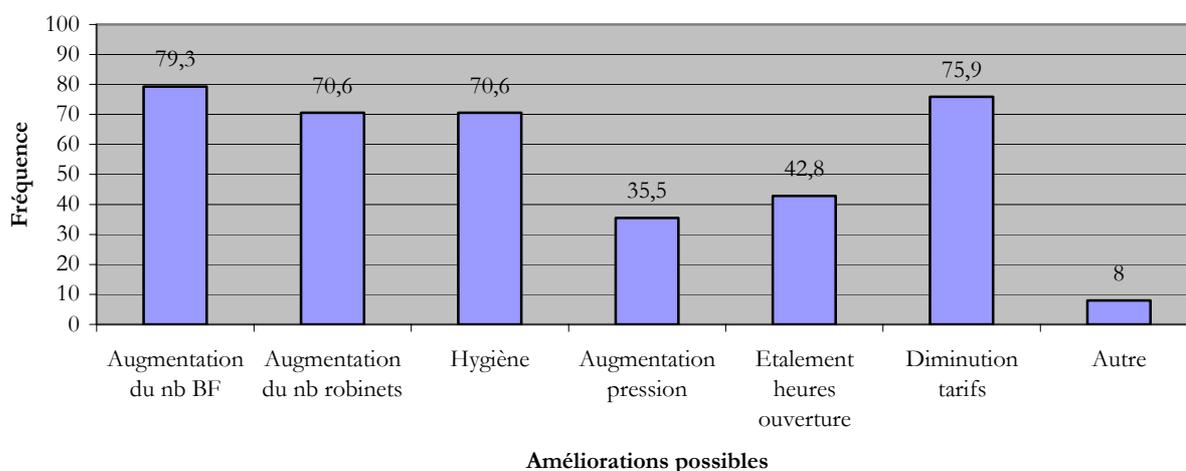
Il ressort de l'enquête que près de 80% (79,3% précisément) estiment que la SDE devrait augmenter le nombre de bornes fontaines. Ce résultat est intéressant car il montre indirectement que les ménages envisagent une utilisation future voire plus intensive des bornes alors qu'en même temps, la plupart envisagent un raccordement futur. Ce résultat pourrait alors montrer qu'ils ont du mal à se projeter dans une situation de raccordement futur et que les bornes fontaines représentent pour eux plus qu'un mode transitoire d'approvisionnement en eau. Ceci est ambigu.

La plupart estiment que la SDE devrait augmenter le nombre de robinets aux bornes fontaines (70,6%) et l'hygiène (70,6%).

Plus des trois quarts des ménages enquêtés (75,9% précisément) souhaiteraient une diminution des tarifs de l'eau aux bornes fontaines.

Enfin, 35,5% et 42,8% souhaiteraient respectivement augmenter la pression de l'eau aux bornes fontaines et un étalement des heures d'ouverture.

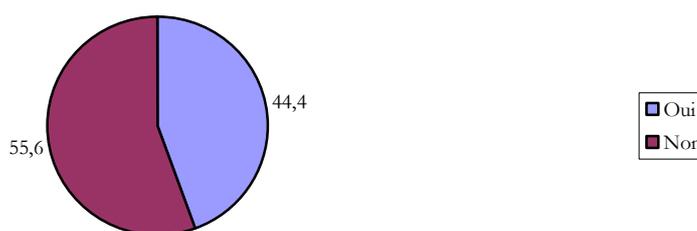
**Graphique 19 : Opinion des ménages concernant les améliorations à apporter au système des bornes fontaines**



## 2.4 Les autres modes d'approvisionnement en eau potable à Dakar (2005)

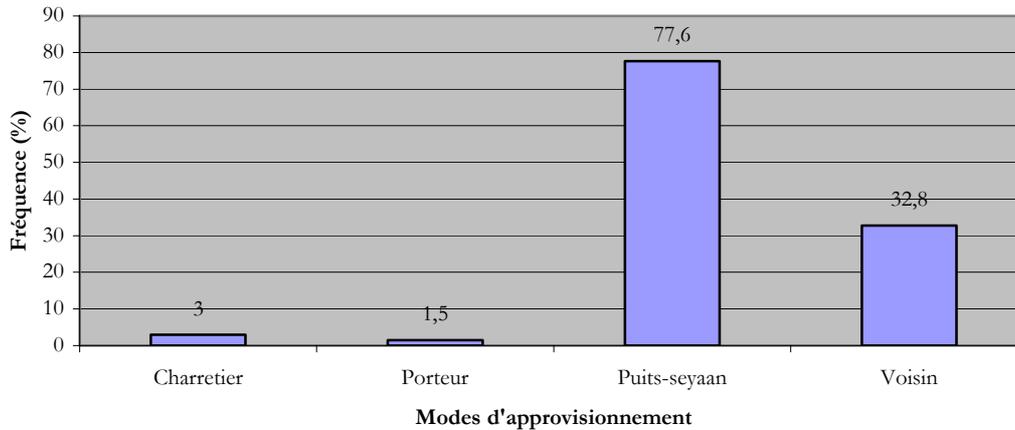
Les 302 ménages enquêtés ont été interrogés sur leur recours aux autres sources d'approvisionnement en eau potable (branchements privés et bornes fontaines exclus). Cette question est très intéressante car elle aboutit au résultat suivant : 10 ans après la privatisation du secteur, qui s'est accompagnée d'une politique très volontariste en termes de raccordements massifs et de densification du réseau des bornes fontaines, presque la moitié des ménages enquêtés de Dakar (44,4% précisément) continuent à recourir en 2005 à d'autres sources d'approvisionnement en eau potable (voir graphique 20).

**Graphique 20 : Utilisation d'autres modes d'approvisionnement en eau (branchement privé et borne fontaine exclus) (%)**



Parmi les ménages qui recourent aux sources alternatives, plus des trois quarts (77,6% précisément) utilisent un puits seyaan et presque un tiers (32,8% précisément) recourent à l'eau de voisinage pour leur approvisionnement en eau potable (voir graphique 21).

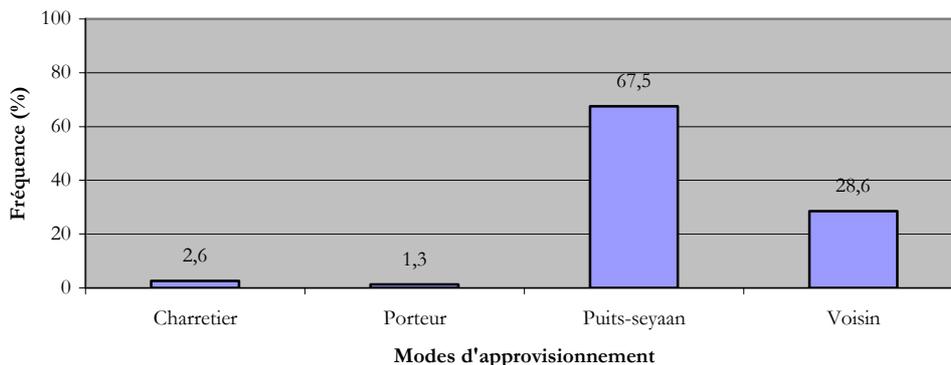
**Graphique 21 : Proportion des ménages utilisant les autres modes d'approvisionnement en eau**



Plus précisément, le graphique 22 montre quelle est la répartition de l'utilisation des autres modes d'approvisionnement. Il apparaît que les deux tiers (67,5% précisément) de l'approvisionnement en eau potable (branchements privés et bornes fontaines exclus) proviennent des puits seyaan et que 28,6% proviennent des voisins. L'enquête révèle un faible poids de l'approvisionnement en eau par les opérateurs informels, respectivement 2,6% par les charretiers et 1,3% par les porteurs d'eau.

Ce résultat est intéressant car il fait apparaître que les principales sources alternatives au branchement privé et aux bornes fontaines sont les puits seyaan et les voisins.

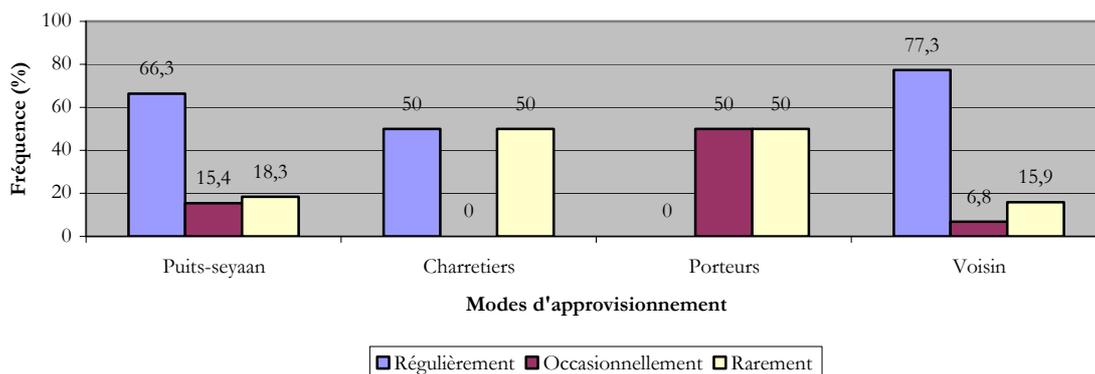
**Graphique 22 : Répartition d'utilisation des autres modes d'approvisionnement en eau des ménages**



Il a été demandé aux ménages utilisateurs des autres modes d'approvisionnement en eau à quelle fréquence y recourent-ils ? L'enquête révèle très clairement que pour les deux principales sources alternatives, la fréquence d'utilisation est forte. En effet, les deux tiers d'entre eux recourent régulièrement aux puits seyaan contre 18,3% rarement et plus des trois quarts d'entre eux

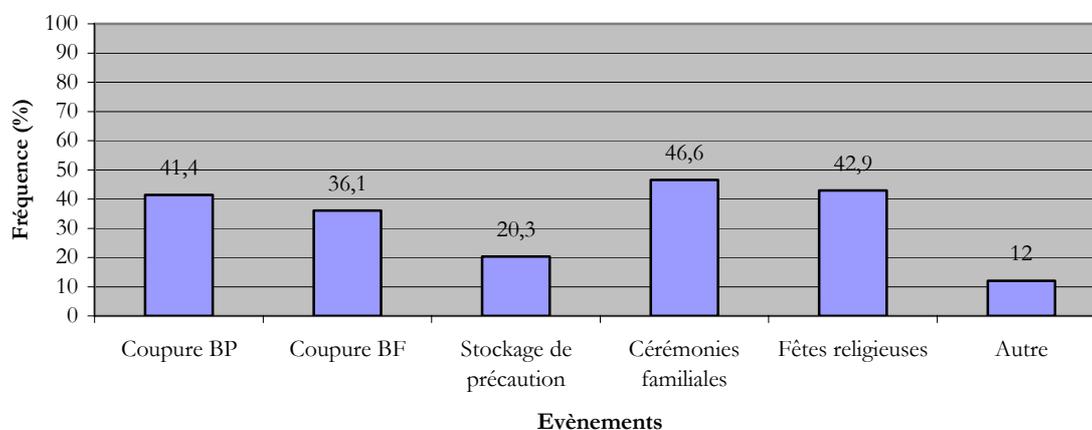
recourent régulièrement aux voisins contre 15,9% rarement (voir graphique 23). Ceci montre que le recours aux puits et aux voisins est extrêmement fréquent. Ces deux sources alternatives ont encore une existence forte en 2005 à Dakar.

**Graphique 23 : Fréquence d'utilisation des autres modes d'approvisionnement lorsque ces derniers sont utilisés**



Pour mieux comprendre les déterminants du recours à ces sources alternatives, il a été demandé aux ménages les événements favorisant une utilisation plus intensive de l'eau à ces sources alternatives (voir graphique 24). Il apparaît que les événements les plus déterminants sont les cérémonies familiales (46,6%), les fêtes religieuses (42,9%) et les coupures au branchement privé (41,4%). Mais les coupures aux bornes fontaines et le stockage de précaution justifient aussi un recours à ces sources alternatives (dans respectivement 36,1% et 20,3% des cas).

**Graphique 24 : Évènements favorisant une utilisation plus intensive de l'eau dans les cas des autres modes d'approvisionnement**



## Section 3 : Les résultats concernant le consentement à payer des ménages pour des systèmes améliorés d'eau potable (branchements privés et bornes fontaines)

En 2005, le Sénégal est engagé dans un programme d'investissement (PLT, Plan à Long Terme) qui vise à continuer à accroître les capacités de production et de distribution d'eau potable à Dakar. Nous nous interrogeons sur la capacité des ménages à supporter d'éventuelles nouvelles hausses tarifaires pour des services améliorés d'eau potable (branchement privé et borne fontaine). Dans chacun des sous échantillons de ménages raccordés et non raccordés, l'enquête visait à tester trois options de hausses tarifaires de l'eau aux bornes fontaines et au raccordement privé afin d'observer le choix des ménages entre les différents modes d'approvisionnement. Les résultats sont les suivants.

### 3.1 Le consentement à payer des ménages non raccordés pour des services améliorés d'eau potable (effectif total : 143)

#### 3.1.1 Le premier sous échantillon : les ménages 1 non raccordés (effectif : 30)

Il a été demandé aux ménages 1 non raccordés s'ils accepteraient un plan d'amélioration des bornes fontaines si le prix de l'eau était de 35 FCFA la bassine de 30 litres. Parmi ces ménages, un peu plus des deux tiers (65,5% précisément) déclarent être disposés à payer ce prix pour accéder à la borne fontaine améliorée tandis que l'autre tiers (34,5% précisément) refusent (voir graphique 25).

**Graphique 25 : Proportion des ménages 1 non raccordés qui accepteraient un plan d'amélioration des bornes fontaines si le prix de l'eau était de 35 FCFA/bassine de 30 litres (%)**



Dans un second temps, il a été proposé aux ménages 1 non raccordés deux options. La première consiste à accéder à un branchement privé moyennant un coût de raccordement de 6 000 FCFA et une facture bimensuelle de 10 000 FCFA. La seconde consiste à utiliser la borne fontaine améliorée au prix de 35 FCFA par bassine de 30 litres. Il a alors été demandé aux ménages 1 non raccordés de choisir entre ces deux options de services améliorés. Les deux tiers (65,5%) ont déclaré choisir l'option du branchement privé tandis qu'un tiers (34,5%) choisisse l'option de la borne fontaine (voir graphique 26).

**Graphique 26 : Choix des ménages 1 non raccordés entre l'option BP et BF selon conditions des options (coût de raccordement de 6000 FCFA et 10000 FCFA de facture d'eau contre 35 FCFA la bassine de 30 litres à la borne fontaine) (%)**



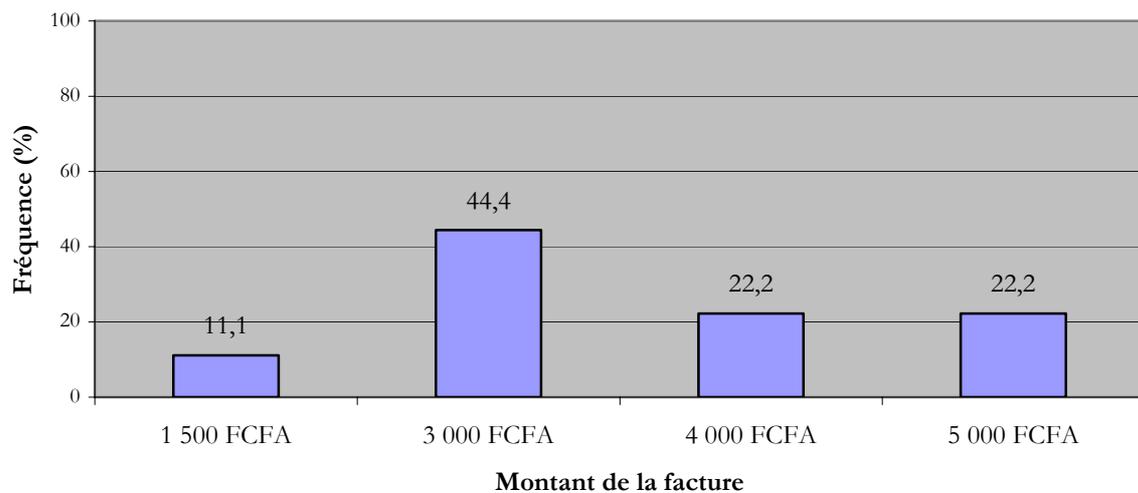
Dans un troisième temps, il a été demandé aux ménages 1 non raccordés qui ont rejeté l'option branchement privé à la question précédente, s'ils changeraient d'avis si le coût de raccordement devenait 3 000 FCFA mais que le montant de la facture bimensuelle demeurerait inchangé. Seulement 20% changent d'avis en acceptant de recourir au branchement tandis que 80% déclarent massivement ne pas changer d'avis (voir graphique 27).

**Graphique 27 : Proportion des ménages 1 non raccordés qui ont rejeté l'option BP avec un coût de raccordement à 6000 FCFA qui changerait d'avis si le coût de raccordement devient 3000 FCFA (%)**



Enfin dans un dernier temps, il a été demandé aux ménages 1 non raccordés qui rejettent l'option du branchement privé si le coût de raccordement est de 6 000 FCFA, le montant d'une facture bimensuelle d'eau qu'ils seraient disposés à payer. Les résultats présentés dans le graphique 28 montrent 44,4% déclarent être prêts à payer une facture de 3 000 FCFA. Le montant de la facture le plus élevé correspond à 5 000 FCFA, proposé par 22,2% d'entre eux.

**Graphique 28 : Montant de la facture d'eau au BP que les ménages 1 non raccordés, qui rejettent l'option du BP si coût de raccordement est de 6000 FCFA, sont prêts à payer**



### 3.1.2 Le second sous échantillon : les ménages 2 non raccordés (effectif : 81)

Il a été demandé aux ménages 2 non raccordés s'ils accepteraient un plan d'amélioration des bornes fontaines si le prix de l'eau était de 40 FCFA la bassine de 30 litres. Parmi ces ménages, seulement 22,2% déclarent être disposés à payer ce prix pour une borne fontaine améliorée tandis que 77,8% refusent massivement (voir graphique 29). Ce résultat est intéressant car il montre qu'une augmentation de seulement 5 FCFA la bassine génère un refus massif des ménages à l'utilisation de la borne fontaine améliorée.

**Graphique 29 : Proportion des ménages 2 non raccordés qui accepteraient un plan d'amélioration des bornes fontaines si le prix de l'eau était de 40 FCFA/bassine de 30 litres (%)**



Dans un second temps, il a été proposé aux ménages 2 non raccordés deux options. La première consiste à accéder à un branchement privé moyennant un coût de raccordement de 6 000 FCFA et une facture bimensuelle de 12 500 FCFA. La seconde consiste à utiliser la borne fontaine améliorée au prix de 40 FCFA par bassine de 30 litres. Il a alors été demandé aux ménages 2 non raccordés de choisir entre ces deux options de services améliorés. Dans ces conditions, 42% d'entre eux déclarent choisir l'option du branchement privé et 42% l'option de la borne fontaine améliorée (voir graphique 30). Cependant, 16% d'entre eux décident alors de rejeter les deux options. On peut imaginer que cette population se tournera alors vers les sources alternatives.

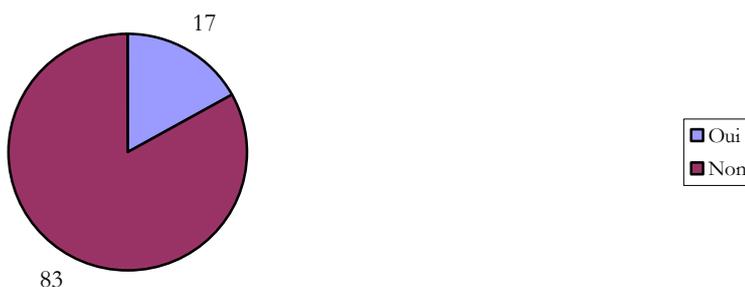
**Graphique 30 : Choix des ménages 2 non raccordés entre l'option BP et BF (coût de raccordement 6000 FCFA et 12500 FCFA de facture d'eau contre 40 FCFA la bassine de 30 litres à la borne fontaine) (%)**



Dans un troisième temps, il a été demandé aux ménages 2 non raccordés qui ont rejeté l'option branchement privé à la question précédente, s'ils changeraient d'avis si le coût de raccordement devenait 3 000 FCFA mais que le montant de la facture bimensuelle demeurerait inchangée.

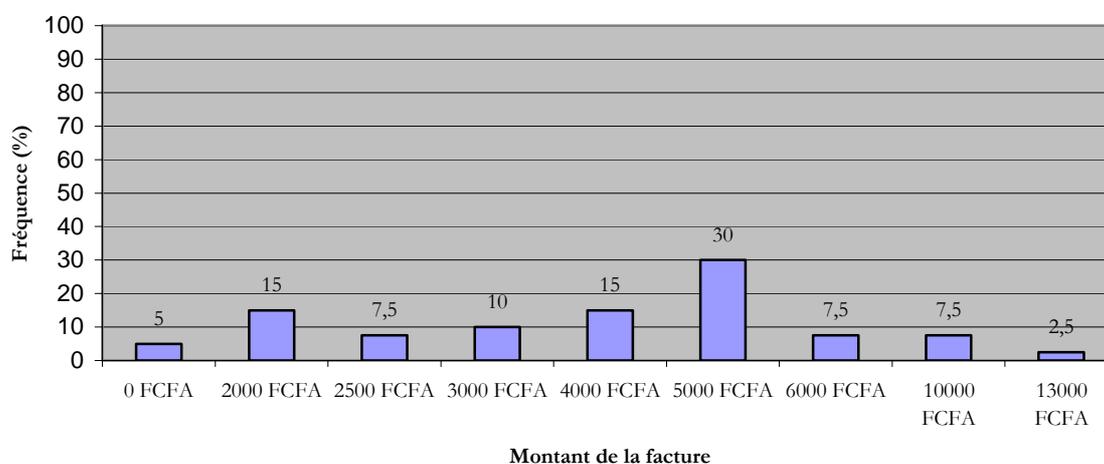
Seulement 17% changent d'avis en acceptant de recourir au branchement tandis que 83% déclarent massivement ne pas changer d'avis (voir graphique 31).

**Graphique 31 : Proportion des ménages 2 non raccordés qui ont rejeté l'option BP au coût de raccordement à 6000 FCFA et une facture d'eau à 12500 FCFA qui changerait d'avis si le coût de raccordement devient 3000 FCCFA (%)**



Enfin dans un dernier temps, il a été demandé aux ménages 2 non raccordés qui rejettent l'option du branchement privé si le coût de raccordement est de 6 000 FCFA, le montant d'une facture bimensuelle d'eau qu'ils seraient disposés à payer. Les résultats présentés dans le graphique 32 montrent que 30% déclarent être prêts à payer une facture de 5 000 FCFA, montant le plus proposé. Puis 15% proposent une facture d'un montant de 2 000 FCFA ou 4 000 FCFA. Enfin remarquons que 7,5% proposent une facture d'un montant de 10 000 FCFA et 2,5% une facture d'un montant de 13 000 FCFA.

**Graphique 32 : Montant de la facture d'eau au BP que les ménages 2 non raccordés, qui rejettent l'option du BP si le coût de raccordement est de 6000 FCFA, sont prêts à payer**



### 3.1.3 Le troisième sous échantillon : les ménages 3 non raccordés (effectif : 32)

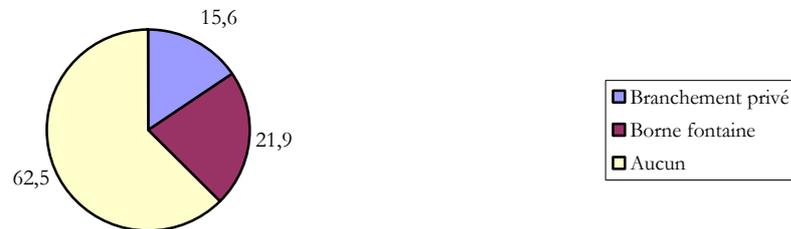
Il a été demandé aux ménages 3 non raccordés s'ils accepteraient un plan d'amélioration des bornes fontaines si le prix de l'eau était de 45 FCFA la bassine de 30 litres. Parmi ces ménages, seulement 18,8% déclarent être disposés à payer ce prix pour une borne fontaine améliorée tandis que 81,3% refusent massivement (voir graphique 33). Ce résultat est intéressant car il montre qu'une augmentation de seulement 10 FCFA la bassine génère un refus encore plus massif des ménages à l'utilisation de la borne fontaine améliorée.

**Graphique 33 : Proportion des ménages 3 non raccordés qui accepteraient un plan d'amélioration des bornes fontaines si le prix de l'eau était de 45 FCFA/bassine de 30 litres (%)**



Dans un second temps, il a été proposé aux ménages 3 non raccordés deux options. La première consiste à accéder à un branchement privé moyennant un coût de raccordement de 6 000 FCFA et une facture bimensuelle de 15 000 FCFA. La seconde consiste à utiliser la borne fontaine améliorée au prix de 45 FCFA par bassine de 30 litres. Il a alors été demandé aux ménages 3 non raccordés de choisir entre ces deux options de services améliorés. Dans ces conditions, on observe un refus très massif (62,5%) des deux options (voir graphique 34). Ceci signifie que les deux tiers de cette population décident non seulement de ne pas se brancher au raccordement privé mais aussi de ne pas utiliser la borne fontaine améliorée. On peut imaginer que cette population se tournera alors vers les sources alternatives. Sinon, 21,9% déclarent utiliser la borne fontaine améliorée et 15,6% acceptent le raccordement.

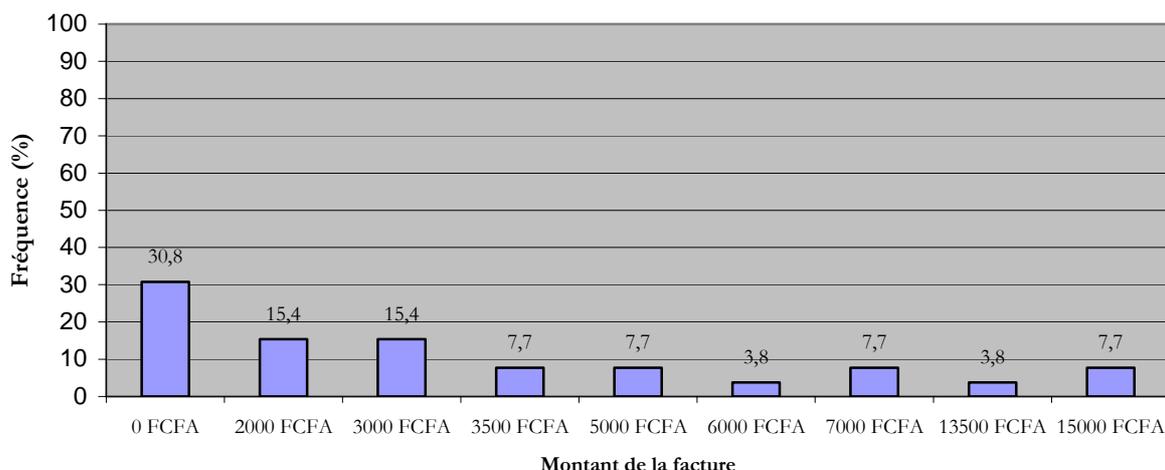
**Graphique 34 : Choix des ménages 3 non raccordés entre l'option BP et BF (coût de raccordement de 6000 FCFA et 15000 FCFA de facture d'eau contre 45 FCFA la bassine de 30 litres à la borne fontaine ) (%)**



Dans un troisième temps, il a été demandé aux ménages 3 non raccordés qui ont rejeté l'option branchement privé à la question précédente, s'ils changeraient d'avis si le coût de raccordement devenait 3 000 FCFA mais que le montant de la facture bimensuelle demeurerait inchangée. Tous les ménages sans exception déclarent ne pas changer d'avis. Ceci signifie que dans ces conditions, le problème n'émane pas vraiment du coût de raccordement mais plutôt du montant de la facture bimensuelle d'eau jugée trop élevée par rapport à la capacité financière des ménages.

Enfin dans un dernier temps, il a été demandé aux ménages 3 non raccordés qui rejettent l'option du branchement privé si le coût de raccordement est de 6 000 FCFA, le montant d'une facture bimensuelle d'eau qu'ils seraient disposés à payer. Les résultats présentés dans le graphique 35 montrent que l'interview a généré une rétraction des enquêtés puisque la plupart d'entre eux (30,8%) déclarent ne pas vouloir payer de facture (0 FCFA). Sinon, 15,4% d'entre eux proposent une facture d'un montant de 2 000 FCFA ou 3 000 FCFA et 7,7% d'entre eux une facture des montants respectifs de 3 500 FCFA, 5 000 FCFA, 7 000 FCFA et 15 000 FCFA. Ce dernier résultat n'est pas logique compte tenu que 15 000 FCFA était le montant proposé dans l'interview. Ceci dénote-t-il d'un changement d'avis ?

**Graphique 35 : Montant de la facture d'eau au BP que les ménages 3 non raccordés, qui rejettent l'option du BP si coût de raccordement est de 6000 FCFA, sont prêts à payer**



En conclusion, on observe que les ménages non raccordés sont difficilement disposés à supporter une hausse du prix de l'eau à la borne fontaine et sont très difficilement prêts à supporter les montants des factures bimensuelles d'eau proposées dans le questionnaire. Le tableau 20 résume les résultats observés sur les trois sous échantillons.

**Tableau 20 : Consentements à payer des ménages pour des services améliorés d'eau potable**

(%)	Utilisation des bornes fontaines améliorées sous hypothèse de P FCFA la bassine de 30 litres		Option choisie si P FCFA la bassine à la BF et 6000 FCFA le coût de raccordement avec une facture bimensuelle à Y FCFA au BP			Accepte BP avec même facture mais 3 000 FCFA le coût de raccordement	
	Oui	Non	BP	BF	Aucun	Oui	Non
Ménages 1 non raccordés	65,5	34,5	65,5	34,5	0	20	80
Ménages 2 non raccordés	22,2	77,8	42	42	16	17	83
Ménages 3 non raccordés	18,8	81,3	21,9	15,6	62,5	0	100

Les deux tiers des ménages 1 non raccordés acceptent d'utiliser les bornes fontaines améliorées si le prix de la bassine est de 35 FCFA et acceptent de se raccorder au branchement privé si le coût de raccordement est de 6 000 FCFA et la facture bimensuelle d'eau de 10 000 FCFA. Par contre, parmi ceux qui refusent le branchement, très peu changent d'avis si le coût de raccordement passe à 3 000 FCFA. Le refus de raccordement émanerait plus d'une facture trop élevée.

Par contre les ménages 2 non raccordés refusent massivement d'utiliser les bornes fontaines améliorées si le prix de la bassine passe à 40 FCFA. Ceci signifie qu'une hausse de 5 FCFA du prix de la bassine entraîne le retrait des quatre cinquièmes des ménages. On observe le même phénomène en un peu plus marqué pour les ménages 3 non raccordés avec une hausse de 10 FCFA du prix de la bassine (45 FCFA). Puis, 16% des ménages 2 non raccordés déclarent rejeter le branchement privé et la borne fontaine avec les options de 40 FCFA la bassine et 12 500 FCFA la facture bimensuelle. Le phénomène est encore plus marqué lorsque les options sont de 45 FCFA la bassine et 15 000 FCFA puisque dans ce cas, les deux tiers rejettent les deux options. Ceci signifie que les hausses tarifaires à la borne et au branchement dans les *scenarii* 2 et 3 provoquent le retour des ménages aux sources traditionnelles : puits seyaan, voisins ou opérateurs informels. De plus, peu de ménages 2 non raccordés et aucun des ménages 3 non raccordés ne changent d'avis malgré un coût de raccordement qui passerait à 3 000 FCFA ; Le problème émane donc plutôt de la charge trop élevée de la facture d'eau.

Ces résultats montrent qu'au-delà du premier *scenario* tarifaire, les ménages ne consentent presque plus à payer pour des systèmes améliorés en eau et pourraient se tourner vers des sources alternatives. Pourtant, ces sources alternatives pourraient apparaître aussi coûteuses et de mauvaise qualité, ce qui pourrait aggraver le problème de pauvreté à Dakar.

Enfin, le tableau 21 synthétise les montants de facture bimensuelle d'eau au branchement privé que consentent à payer les ménages qui rejettent le *scenario* tarifaire.

**Tableau 21 : Montants des factures bimensuelles que les ménages déclarent être disposés à payer (en FCFA)**

Montant facture bimensuelle prêts à payer (FCFA)	Ménages 1 non raccordés	Ménages 2 non raccordés	Ménages 3 non raccordés
Moyenne	3 500	4 412,5	3 865,4
Médiane	3 000	4 000	3 000
Mode	3 000	5 000	0
Ecart Type	1 118	2 645	4 491,2
Minimum	1 500	0	0
Maximum	5 000	13 000	15 000

On observe clairement que le consentement à payer des ménages non raccordés (4 000 FCFA environ en moyenne), qui refusent le branchement privé dans les conditions évoquées dans le questionnaire, est très en deçà des montants proposés dans les *scenarii* (facture bimensuelle qui

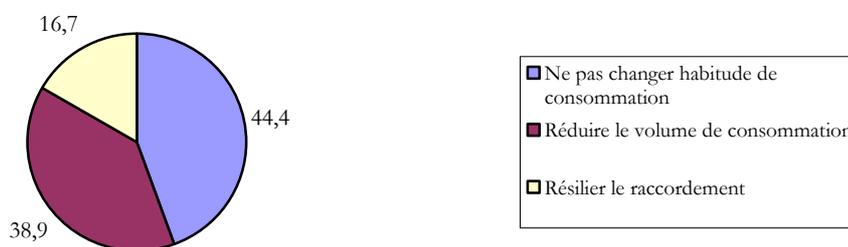
repose sur une consommation de 30 m<sup>3</sup>). Ceci interroge sur l'accès de cette population à une eau potable de qualité. En n'ayant pas accès aux services améliorés (branchement privé et bornes fontaines), le problème du risque du maintien de cette population dans la pauvreté se pose clairement. Et pourtant, il est connu que la réduction de la pauvreté et l'amélioration de la santé passent par une plus grande accessibilité de la population urbaine défavorisée à l'eau potable.

## 3.2 Le consentement à payer des ménages raccordés pour des services améliorés d'eau potable (effectif total : 159)

### 3.2.1 Le quatrième sous échantillon : les ménages 1 raccordés (effectif : 55)

Les ménages 1 raccordés ont été informés d'une hausse de la facture bimensuelle d'eau de 500 FCFA au branchement privé durant un an. Trois options ont alors été proposées. La première consiste à ne pas changer l'habitude de consommation. La seconde consiste à réduire le volume de consommation afin de maintenir un budget « eau » constant. La troisième consiste à résilier le raccordement. Les résultats montrent que cette hausse de 500 FCFA génère la résiliation du raccordement de 16,7% des enquêtés. Cependant, la plus grande majorité (44,4%) déclarent ne pas changer leur habitude de consommation tandis que 38,9% déclarent diminuer le volume d'eau consommé (voir graphique 36). En résumé, la majorité des ménages 1 raccordés consent à supporter la hausse tarifaire de 500 FCFA en ne changeant pas leur comportement.

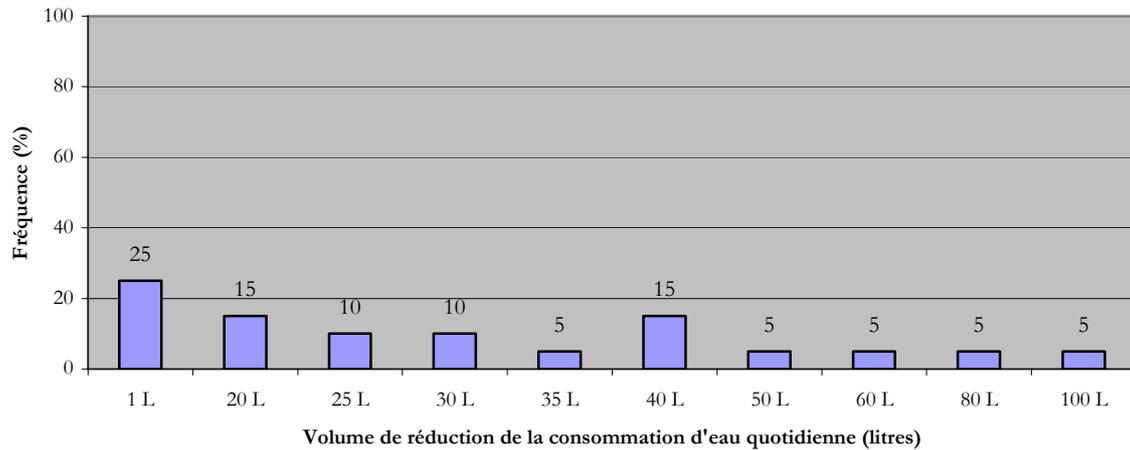
**Graphique 36 : Choix des ménages 1 raccordés compte tenu d'une hausse bimensuelle de 500 FCFA de la facture d'eau au BP sur un an (%)**



Dans un second temps, les ménages 1 raccordés qui ont choisi dans l'étape précédente l'option de la réduction de la consommation, ont été interrogés sur la quantité quotidienne de litres qu'ils seraient prêts à diminuer. 15% déclarent réduire quotidiennement de 20 litres ou 40 litres. 25%

déclarent réduire d'un litre « symbolique » ? Enfin 5% déclarent réduire quotidiennement de 100 litres (voir graphique 37).

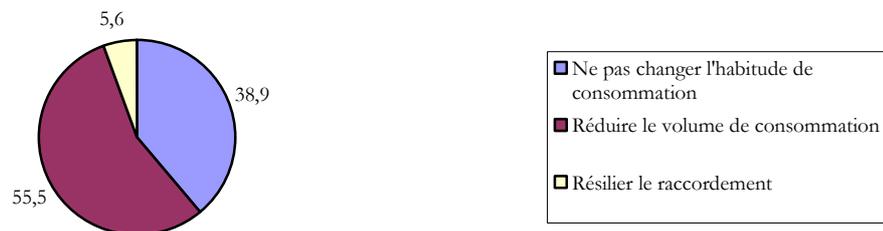
**Graphique 37 : Volume de réduction de la consommation d'eau quotidienne au BP par les ménages 1 raccordés qui décident de réduire la consommation suite à la hausse tarifaire**



### 3.2.2 Le cinquième sous échantillon : les ménages 2 raccordés (effectif : 55)

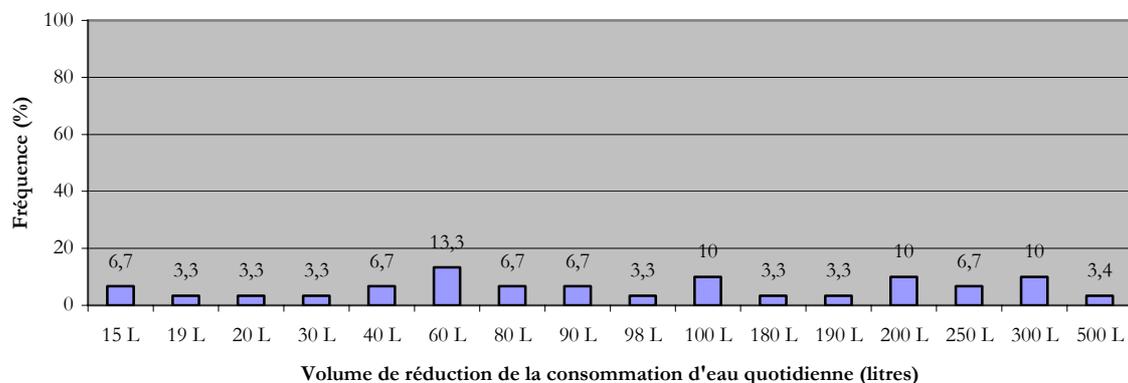
Les ménages 2 raccordés ont été informés d'une hausse de la facture bimensuelle d'eau de 750 FCFA au branchement privé durant un an. Trois options ont alors été proposées. La première consiste à ne pas changer l'habitude de consommation. La seconde consiste à réduire le volume de consommation afin de maintenir un budget « eau » constant. La troisième consiste à résilier le raccordement. Les résultats montrent que cette hausse de 750 FCFA génère la résiliation du raccordement de seulement 5,6% des enquêtés (moins que dans l'échantillon précédent). Cependant, la plus grande majorité (55,5%) déclarent diminuer le volume d'eau consommé tandis que 38,9% optent pour ne pas modifier leur habitude de consommation (voir graphique 38). En résumé, la majorité des ménages 2 raccordés consent à supporter la hausse tarifaire de 750 FCFA en contrepartie d'une modification de leur comportement de consommation d'eau.

**Graphique 38 : Choix des ménages 2 raccordés compte tenu d'une hausse bimensuelle de 750 FCFA de la facture d'eau au BP sur un an (%)**



Dans un second temps, les ménages 2 raccordés qui ont choisi dans l'étape précédente l'option de la réduction de la consommation, ont été interrogés sur la quantité quotidienne de litres qu'ils seraient prêts à diminuer. La majorité (13,3%) déclare réduire quotidiennement de 60 litres. Puis 10% déclarent réduire de 100 litres, 200 litres ou 300 litres (voir graphique 39).

**Graphique 39 : Volume de réduction de la consommation d'eau quotidienne au BP par les ménages 2 raccordés qui décident de réduire la consommation suite à la hausse tarifaire**

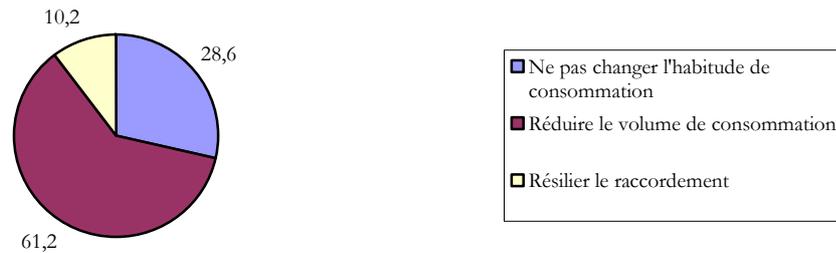


### 3.2.3 Le sixième sous échantillon : les ménages 3 raccordés (effectif : 49)

Les ménages 3 raccordés ont été informés d'une hausse de la facture bimensuelle d'eau de 1 000 FCFA au branchement privé durant un an. Trois options ont alors été proposées. La première consiste à ne pas changer l'habitude de consommation. La seconde consiste à réduire le volume de consommation afin de maintenir un budget « eau » constant. La troisième consiste à résilier le raccordement. Les résultats montrent que cette hausse de 1 000 FCFA génère la résiliation du raccordement de 10,2% des enquêtés. Cependant, la plus grande majorité (61,2% c'est-à-dire plus que dans l'échantillon précédent) déclarent diminuer le volume d'eau consommé tandis que

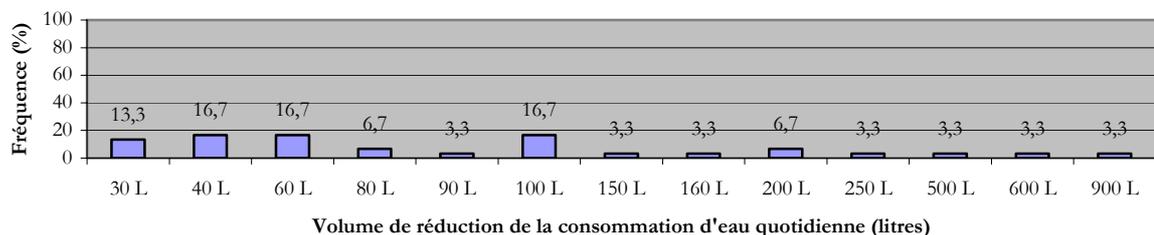
28,6% optent pour ne pas modifier leur habitude de consommation (voir graphique 40). En résumé, la majorité des ménages 3 raccordés consent à supporter la hausse tarifaire de 1 000 FCFA en contrepartie d'une modification de leur comportement de consommation d'eau.

**Graphique 40 : Choix des ménages 3 raccordés compte tenu d'une hausse bimensuelle de 1000 FCFA de la facture d'eau au BP sur un an (%)**



Dans un second temps, les ménages 3 raccordés qui ont choisi dans l'étape précédente l'option de la réduction de la consommation, ont été interrogés sur la quantité quotidienne de litres qu'ils seraient prêts à diminuer. La majorité (16,7%) déclare réduire quotidiennement de 40 litres, 60 litres ou 100 litres. Puis 6,7% déclarent réduire de 200 litres (voir graphique 41).

**Graphique 41 : Volume de réduction de la consommation d'eau quotidienne au BP par les ménages 3 raccordés qui décident de réduire la consommation suite à la hausse tarifaire**



En conclusion, le tableau 22 résume les options choisies par les trois sous échantillons de ménages raccordés suite à une hausse tarifaire de Z FCFA de la facture bimensuelle d'eau durant un an.

**Tableau 22 : Options choisies des ménages raccordés suite à la hausse tarifaire au branchement privé**

(%)	Ne pas changer l'habitude de consommation	Réduire le volume de consommation	Résilier le raccordement
Ménages 1 raccordés	44,4	38,9	16,7
Ménages 2 raccordés	38,9	55,5	5,6
Ménages 3 raccordés	28,6	61,2	10,2

Malgré la hausse tarifaire, il apparaît que dans les trois sous échantillons, relativement peu de ménages raccordés optent pour l'option radicale de résilier le raccordement. On peut donc dire que globalement, les ménages déjà raccordés consentent plus à payer la hausse tarifaire pour l'utilisation du service amélioré. La réaction des ménages raccordés face aux *scenarii* de hausses tarifaires est beaucoup moins virulente que celle des ménages non raccordés. Il existe probablement un fort écart de revenu entre ces deux catégories de ménages témoignant de fortes inégalités. Mais nous ne disposons malheureusement pas de données, à partir de l'enquête, concernant les revenus des ménages raccordés et non raccordés. Cependant à travers les informations recueillies sur les caractéristiques de l'habitat des ménages (sol, toit, mur, équipements en eau), nous pourrions avoir une idée du niveau de richesse des ménages. C'est pourquoi, nous introduirons ces variables dans les modèles explicatifs de la probabilité d'être raccordé à Dakar en 2005 (voir chapitre 3 suivant).

À part dans le premier *scenario* de hausse tarifaire, où les ménages optent majoritairement pour ne pas modifier leur comportement de consommation, il ressort que la hausse tarifaire génère la volonté des ménages à réduire leur consommation pour maintenir constant leur budget « eau » (facture d'eau constante). Enfin le tableau 23 résume les niveaux de réduction de consommation d'eau déclarés par les ménages.

**Tableau 23 : Le volume de réduction de la consommation d'eau quotidienne au branchement privé des ménages, suite à la hausse tarifaire**

En litres	Ménages raccordés 1	Ménages raccordés 2	Ménages raccordés 3
Moyenne	31	134,2	144,3
Médiane	27,5	94	80
Ecart type	26,7	114,6	193,5
Minimum	1	15	30
Maximum	100	500	900

En moyenne, les ménages raccordés déclarent diminuer leur consommation quotidienne d'eau au branchement privé de 101 litres. Mais ces informations sont difficilement interprétables sans ordre de grandeur concernant la quantité d'eau quotidienne réellement consommée au branchement par les ménages raccordés. Ces informations ne restent donc qu'indicatives.

## **Conclusion : « Comparaison » des résultats avec l'enquête de la Banque mondiale (1997)**

Nous observons de très fortes différences dans les résultats des deux enquêtes en terme de structure des modes d'approvisionnement en eau potable des ménages à Dakar.

A l'issue de près de 10 ans de réforme, notre enquête révèle qu'en 2005 l'approvisionnement par les puits seyaan et les voisins est beaucoup plus important qu'en 1996<sup>59</sup>. En effet d'après notre enquête (2005), les puits seyaan et les voisins fournissent respectivement 23,1% et 9,8% de l'approvisionnement en eau total des ménages. L'enquête de la Banque mondiale (1997) estimait que les sources publiques (puits) et autres sources (voisins ?) ne fournissaient respectivement que 2% et 5% de l'approvisionnement en eau total des ménages. Elle estimait la part de l'approvisionnement par les revendeurs informels à 2%, part que nous constatons aussi en 2005. Mais d'après l'enquête de la Banque mondiale (1997), le branchement privé et les bornes fontaines représentaient respectivement 65% et 26% de l'approvisionnement en eau total des ménages de Dakar tandis que d'après notre enquête (2005), ils ne représentent respectivement que 35,3% et 30,6%.

Ceci nous interroge fortement. Tout d'abord, il convient de tempérer les résultats de cette comparaison entre les deux enquêtes puisque les tailles de l'échantillon diffèrent fortement (1000 en 1996 contre 300 en 2005). Deuxièmement, notre échantillon n'est peut être pas si représentatif de la réalité même si nous pensons que nos observations de terrain sont cohérentes avec nos résultats. Il est vrai que nous avons beaucoup enquêté dans les zones périurbaines où le raccordement est bien plus rare que dans Grand Dakar (à Mermoz, par exemple). Mais rappelons que ces zones abritent la plus grande part de la population de Dakar.

---

<sup>59</sup> Rappelons que le rapport de la Banque mondiale date de 1997 mais que l'enquête s'est déroulée en 1996, au moment de la mise en place de la réforme du secteur.

Si on s'en tient à nos résultats de 2005, il apparaît que les « performances » du secteur en terme de distribution d'eau potable (décrites en introduction), issues des études commanditées par la Ministère de l'Hydraulique, doivent largement être tempérées. Il semble que la réalité soit différente pour une grande part de la population de Dakar qui non seulement, ne bénéficie toujours pas d'un réel service d'eau potable et d'autre part, n'a pas les moyens financiers de consentir à payer davantage pour un service amélioré d'eau potable. Ceci interroge alors sur les conséquences de nouvelles hausses tarifaires au branchement privé et aux bornes fontaines qui pourraient encore plus marginaliser cette population, qui serait alors contrainte de se tourner vers des sources alternatives, pour une eau à la fois plus coûteuse et de moins bonne qualité. La conséquence immédiate serait l'aggravation de la pauvreté.

La question de la tarification de l'eau apparaît alors comme essentielle. Nous nous interrogeons sur les conséquences de la structure tarifaire basée sur un prix de l'eau au coût moyen. Nous comprenons que celui-ci a permis au secteur de l'eau d'atteindre l'équilibre budgétaire en 2003. Cependant, le tarif de base sur lequel repose la tarification progressive apparaît trop élevé par rapport aux capacités financières de certains ménages.

## Chapitre 3

# Un modèle explicatif de la probabilité du raccordement à un branchement privé d'eau des ménages de Dakar (2005)<sup>60</sup>

L'analyse des modes d'approvisionnement en eau des ménages de Dakar a été conduite grâce à l'enquête que nous avons réalisée en septembre 2005 dans onze quartiers de Dakar. Les quartiers étudiés sont les suivants : Ben Barraque, Boune, Fass Mbao, Grand Yoff, Hamdalaye 1, Keur Massar, Médina Fass Mbao, Mermoz, Ouakam, Autre Pikine, Yeumbeul. Ces quartiers représentent un échantillon représentatif de la diversité des différentes caractéristiques des quartiers de Dakar. Cependant, les résultats que nous obtenons ne sont valables que dans le cadre des quartiers enquêtés.

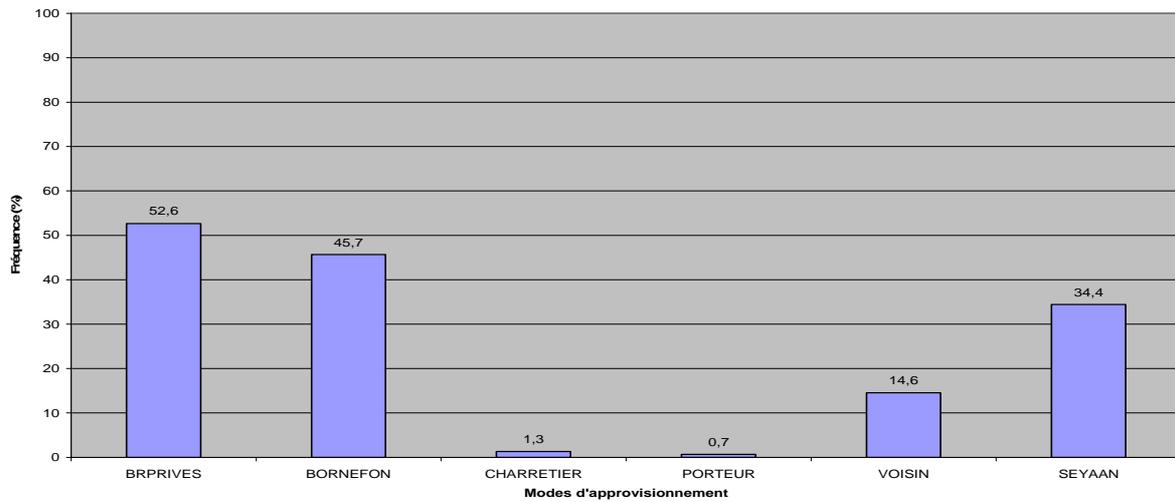
Nous cherchons dans ce chapitre à déterminer quelles sont les variables pouvant expliquer le fait qu'un ménage de Dakar soit raccordé ou non à un branchement privé afin de s'alimenter en eau potable alors qu'il disposait de différentes autres modes d'approvisionnement tels que les bornes fontaines, les charretiers, les porteurs d'eau, les puits seyaan et les voisins.

Comme nous l'avons déjà évoqué dans le chapitre précédent, l'enquête que nous avons réalisée auprès de 302 ménages révèle qu'en 2005, 52,6% des ménages sont raccordés, 45,7 % d'entre eux utilisent les bornes fontaines, 34,4% recourent à l'eau des puits seyaan, 14,6% s'approvisionnent en eau chez leur voisin et que 1,3% et 0,7% achètent l'eau aux revendeurs informels (charretiers et porteurs d'eau) (voir graphique 42). Ceci montre que malgré la politique volontariste de la SDE de raccordement des ménages au branchement domiciliaire depuis 1996, les sources d'approvisionnement en eau des ménages demeurent diversifiées.

---

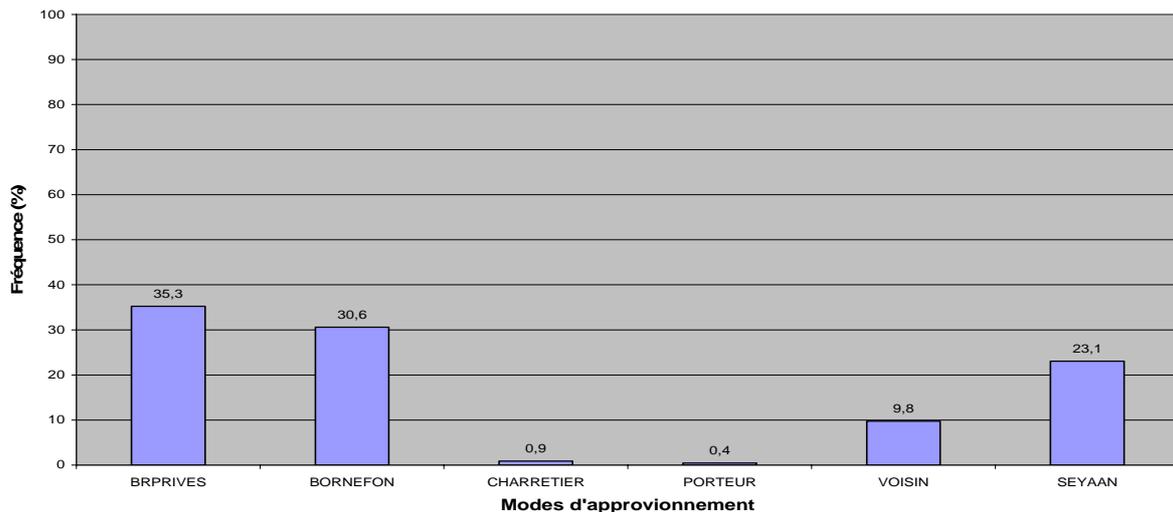
<sup>60</sup> Ce chapitre est issu d'une collaboration avec Muriel Travers (Université de Brest, France).

**Graphique 42 : Proportion des ménages utilisant les différents modes d'approvisionnement (%)**



Plus précisément, nous rappelons que l'enquête met en évidence la structure en termes de modes d'approvisionnement suivante (voir graphique 43). Le branchement privé représente 35,3% de la source d'approvisionnement en eau potable et la borne fontaine 30,6%. Puis, le puit seyaan et le voisin représentent respectivement 23,1% et 9,8% des sources d'approvisionnement utilisées par les ménages. Enfin, les revendeurs sont une source bien plus rare de fourniture d'eau potable aux ménages puisque les charretiers et les porteurs d'eau en représentent respectivement 0,9% et 0,4%.

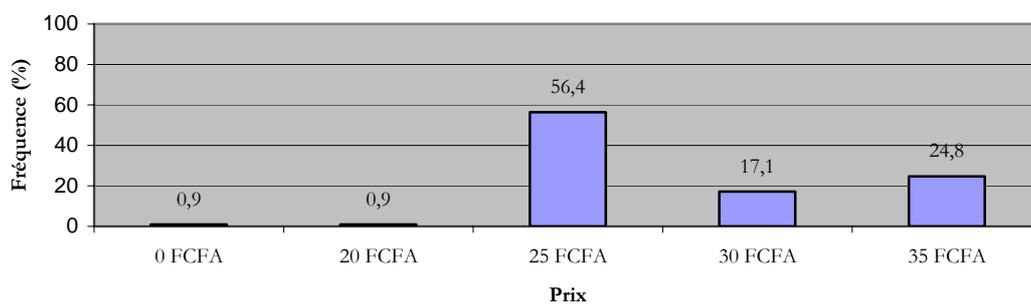
**Graphique 43 : Structure en terme de modes d'approvisionnement**



Tous ces modes d’approvisionnement en eau ne présentent pas les mêmes caractéristiques. En particulier, le prix du mètre cube d’eau (hors coût du raccordement) proposé par les autres modes d’approvisionnement sont plus élevés que dans le cas des branchements privés.

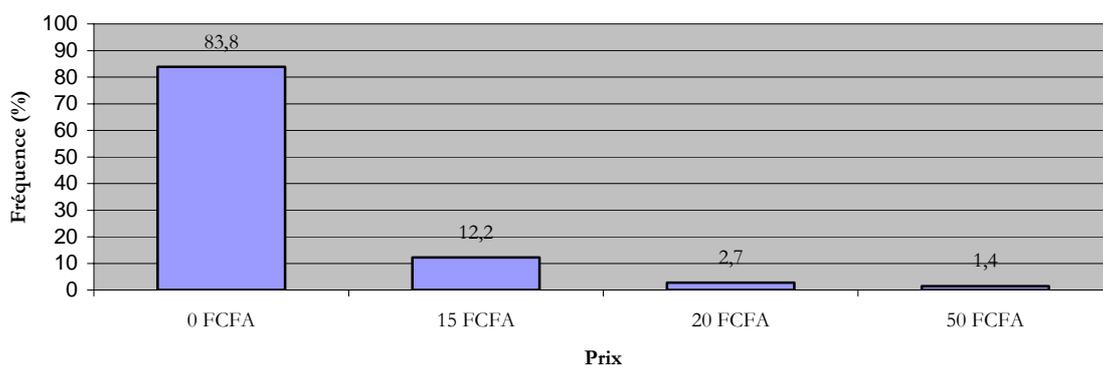
Par exemple, l’enquête révèle que 56,41% des ménages achetant une bassine de 30 litres à la borne fontaine la paie 25 FCFA. Dans ce cas, ceci signifie que le prix du mètre cube d’eau à la borne fontaine est de 833 FCFA (voir graphique 44).

**Graphique 44 : Prix de la bassine de 30 litres à la borne fontaine (FCFA)**



Par contre, 83,8% des ménages qui s’approvisionnent à partir d’un puit seyaan ne paient pas l’eau et quand ils la paient, 12,2% ne versent que 15 FCFA pour un seau de 30 litres (voir graphique 45). Dans ce dernier cas, le prix du mètre cube d’eau au puits atteint 500 FCFA.

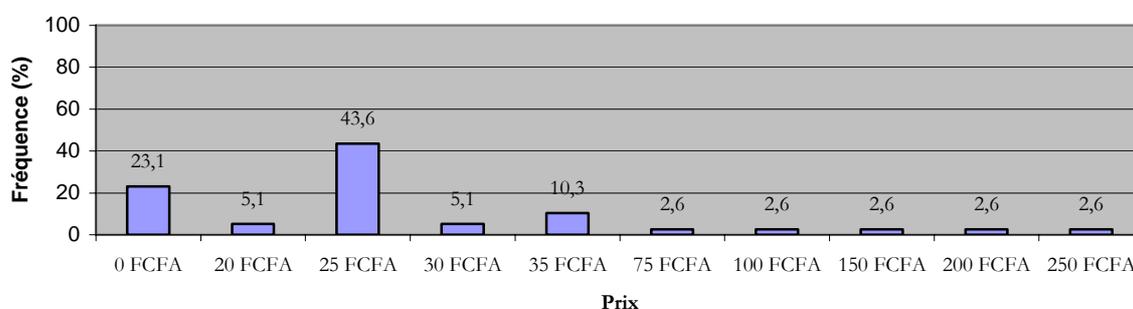
**Graphique 45 : Prix d’un seau de 30 litres au puit seyaan (FCFA)**



L’enquête montre que le recours à l’achat d’eau au voisin raccordé est une pratique encore courante à Dakar. Lorsque les quantités sont faibles, l’eau y est gratuite : 66,7% des ménages s’approvisionnant chez leur voisin ne paient pas pour un seau de 15 litres. En revanche, seulement 23,1% bénéficient d’une eau gratuite pour un seau de 30 litres. En effet, pour un seau

de 30 litres, 43,6% des ménages paient 25 FCFA, ce qui revient à un prix au mètre cube d'eau de 833 FCFA c'est-à-dire le même prix qu'à la borne fontaine (voir graphique 46).

**Graphique 46 : Prix d'un seau de 30 litres au voisin (FCFA)**



Enfin, dans le cas de la revente à domicile, le prix pratiqué par les charretiers pour un fût de 200 litres est de 750 FCFA, ce qui correspond à un prix au mètre cube de 3750 FCFA.

Le tableau 24 ci-dessous résume alors les différents prix de l'eau selon le fournisseur.

**Tableau 24 : Hétérogénéité des prix de l'eau selon le fournisseur (Dakar, 2005)**

Distributeur	Mode d'approvisionnement	Segment formel / informel	Prix TTC de l'eau vendue (en FCFA par m <sup>3</sup> )
Branchement domiciliaire	Raccordement privé au réseau	Distribution formelle d'eau potable	Tarif « social » <sup>61</sup> : 191.32 Tarif « plein » <sup>62</sup> : 629.88 Tarif « dissuasif » <sup>63</sup> : 788.67
Fontainier	Vente d'eau au détail à la borne-fontaine (raccordée au réseau)	Distribution formelle d'eau potable – opérateurs privés sous contrat avec la société concessionnaire	Tarif officiel : 322.31 Tarif pratiqué : 833 (25 FCFA la bassine de 30 litres)
Puits seyaan	Puits seyaan	Distribution informelle	Tarif pratiqué : Entre 0 et 500
Voisin	Voisin raccordé au branchement privé	Redistribution informelle	Tarif pratiqué : Entre 0 et 833
Charretier	Livraison à domicile d'eau au seau ou au fût	Distribution informelle d'eau potable	Tarif pratiqué : 3750 (750 FCFA le fût de 200 litres)

Source : Données issues de notre enquête eau à Dakar (2005)

<sup>61</sup> Tarif « social » : de 0 à 20 m<sup>3</sup> / bimestre.

<sup>62</sup> Tarif « plein » : de 21 à 40 m<sup>3</sup> / bimestre.

<sup>63</sup> Tarif « dissuasif » : plus de 41 m<sup>3</sup> / bimestre.

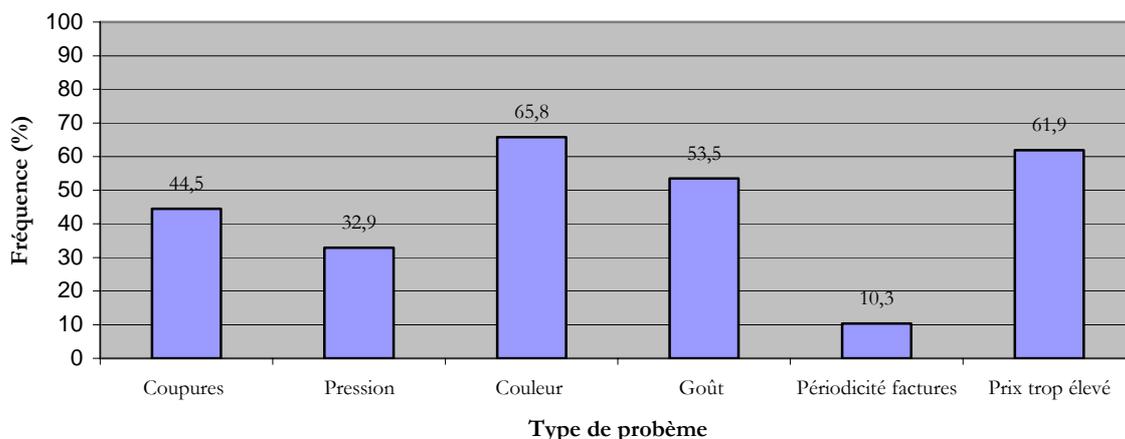
On voit donc clairement à travers cette hétérogénéité des prix de l'eau potable selon les modes d'approvisionnement que les ménages ont un intérêt économique à se raccorder pour bénéficier des tarifs, et plus précisément du tarif social, correspondant à un faible volume de consommation de la grille définie par la SDE<sup>64</sup>. Au-delà de cet avantage économique, d'autres types d'avantages sont liés au raccordement privé. L'accès de l'eau étant direct à domicile, le temps de collecte d'eau est nul. Ceci signifie alors qu'il n'existe pas de coût d'opportunité lié au temps de collecte d'eau comme c'est le cas si le ménage doit aller s'approvisionner à la borne fontaine (distance à parcourir, temps d'attente à la borne etc.). La littérature a souvent souligné cet avantage lié au temps en cherchant à mesurer le coût d'opportunité du temps de collecte de l'eau par le salaire (coût unitaire du travail). Dans une étude menée à Ukunda au Kenya (Whittington *et alii*, 1990), les auteurs estiment le coût d'opportunité de la collecte d'eau des ménages du village égal au taux de salaire du travail non qualifié.

Mais malgré ses avantages indéniables, le raccordement à domicile présente aussi pour les ménages de Dakar, un certain nombre d'inconvénients (voir graphique 47). Parmi les ménages raccordés continuant à utiliser le branchement privé (97,5%), 65,8% d'entre eux considèrent que la couleur de l'eau laisse à désirer (ce qui interroge sur la potabilité) et 61,9% estiment que le prix de l'eau y est trop cher. 53,5% des ménages contestent le goût de l'eau. 44,5% estiment les coupures trop fréquentes. 32,9% considèrent la pression de l'eau au robinet non satisfaisante (surtout lorsque les ménages habitent aux étages supérieurs des immeubles où parfois, l'eau ne parvient même pas à monter). Enfin, 10,3% des ménages n'apprécient pas la périodicité des factures qui est bimensuelle.

---

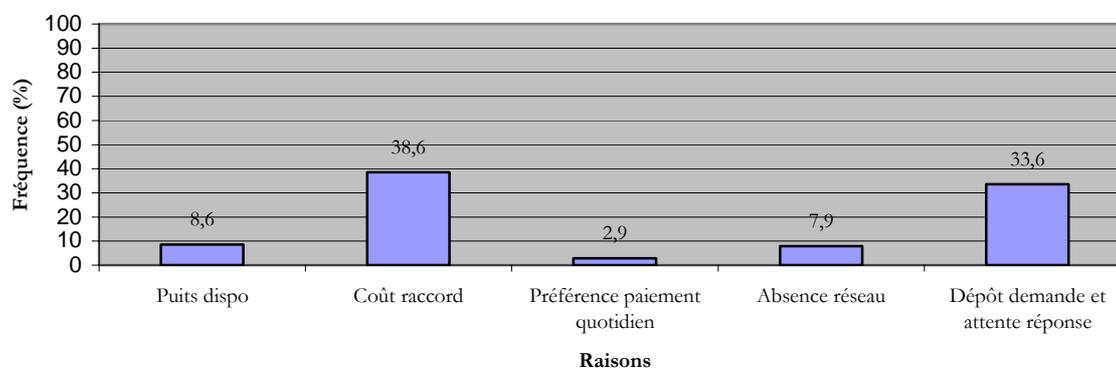
<sup>64</sup> SDE : Sénégalaise Des Eaux.

**Graphique 47 : Problèmes rencontrés par les ménages raccordés continuant à utiliser le branchement privé**



L'enquête met aussi en évidence les raisons pour lesquelles les ménages ne disposent pas d'un branchement privé (voir graphique 48). Tout d'abord, 38,6% des ménages non raccordés ne disposent pas de branchement privé à cause d'un coût de raccordement considéré trop élevé. Cependant, un bon tiers d'entre eux (33,6%) souhaitent en obtenir un, ont déposé une demande auprès de la SDE et sont en attente d'une réponse. 8,6% ne disposent pas du raccordement à domicile puisqu'ils disposent d'un puits où ils peuvent s'approvisionner gratuitement. 7,9% n'en disposent pas parce que le réseau SDE n'existe pas dans leur quartier souvent spontané ou irrégulier (7,9%). Enfin 2,9% des ménages non raccordés ne disposent pas de robinet à domicile parce qu'ils ont une préférence pour un paiement quotidien de l'eau *via* les autres modes d'approvisionnement.

**Graphique 48 : Raisons de la non de la disposition d'un branchement privé**



Ceci démontre que le non raccordement privé des ménages s'explique aussi par les avantages générés par l'approvisionnement par les autres modes. En effet, malgré un prix de l'eau au mètre cube plus attractif au branchement privé, les ménages accordent un certain nombre d'avantages à l'utilisation d'autres sources d'approvisionnement (que nous développerons dans le chapitre suivant).

Cependant, l'enquête ne révèle que les relations de complémentarité entre les différents modes d'approvisionnement en 2005 et non au moment de la décision passée du raccordement au branchement privé. C'est pourquoi nous considérons dans ce chapitre, pour l'étude de la probabilité d'être raccordé ou non au branchement privé, que les différents modes d'approvisionnement en eau sont indépendants au moment de la décision passée du raccordement au branchement privé.

Nous présentons dans un premier temps le modèle économétrique théorique que nous utilisons pour expliquer la probabilité que les ménages soient raccordés ou non au branchement privé et dans un second temps, l'ensemble des variables disponibles pour l'étude. Dans la lignée des travaux de Nauges et Van Den Berg (2006), nous présentons un premier modèle en faisant l'hypothèse que les caractéristiques présentes (décrites à travers l'enquête 2005) ne sont pas très éloignées des caractéristiques passées au moment de la décision du raccordement. Bien que les résultats de ce premier modèle se révèlent très intéressants, nous pensons que l'hypothèse concernant la cohérence temporelle entre la variable à expliquer (le raccordement passé) et les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes, joue un rôle important dans ces résultats. C'est pourquoi, après avoir présenté les arguments conduisant à restreindre le champ des variables explicatives liées aux caractéristiques présentes, nous développons un second modèle qui lève le problème de cohérence temporelle. Enfin, nous interprétons et discutons les résultats de ces deux modèles au regard de la littérature.

## Section 1 : Le modèle économétrique utilisé

Pour modéliser la probabilité qu'un chef de ménage soit raccordé au branchement privé, on suppose une variable latente  $y_i^*$  telle que :

$$\begin{cases} y_i = 1 & \text{si } y_i^* > c \\ y_i = 0 & \text{si } y_i^* \leq c \end{cases}$$

où la variable  $y_i^*$  dépend linéairement d'un certain nombre de variables explicatives  $x_i$  qui peuvent être quantitatives ou qualitatives.

$$y_i^* = \text{cste} + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} + u_i = X_i \beta + u_i \quad \text{est aléatoire du fait de la présence du terme } u_i.$$

La règle de décision est alors probabiliste et devient alors :

$$\begin{cases} \text{Pr ob}(y_i = 1) = \text{Pr ob}(X_i \beta + u_i > c) = \text{Pr ob}(u_i > c - X_i \beta) = 1 - \text{Pr ob}(u_i < c - X_i \beta) \\ \text{Pr ob}(y_i = 0) = \text{Pr ob}(X_i \beta + u_i \leq c) = \text{Pr ob}(u_i \leq c - X_i \beta) \end{cases}$$

En règle générale, la valeur seuil est normalisée à 0. Par conséquent,

$$\begin{cases} \text{Pr ob}(y_i = 1) = \text{Pr ob}(u_i > -X_i \beta) = \text{Pr ob}(u_i < X_i \beta) = F(x_i \beta) \\ \text{Pr ob}(y_i = 0) = \text{Pr ob}(u_i \leq -X_i \beta) = F(-X_i \beta) \end{cases}$$

Le modèle à estimer dépend donc de l'hypothèse faite sur la distribution du terme d'erreur  $u_i$  et donc de sa fonction de répartition. Les deux lois les plus utilisées sont la loi logistique et la loi normale.

### 1.1 Le modèle probit

Lorsque l'on suppose que le terme d'erreur  $u_i$  suit une loi normale centrée réduite, on parle de modèle probit dont la fonction de répartition est :

$$\forall w \in \mathbb{R}, F(w) = \int_{-\infty}^w \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-w^2/2} dw = \Phi(w)$$

Ce modèle définit alors la probabilité associée à l'événement  $y_i=1$  comme la valeur de la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite considérée au point  $x_i \beta$  :

$$p(y_i = 1) = \Phi(X_i \beta) = \int_{-\infty}^{X_i \beta} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dw \quad \forall i=1, \dots, n$$

## 1.2 Le modèle logit

Lorsque l'on suppose que le terme d'erreur  $u_i$  suit une loi logistique, on parle de modèle logit dont la fonction de répartition est <sup>65</sup> :

$$\forall w \in \mathbb{R}, F(w) = \frac{e^w}{1+e^w} = \frac{1}{1+e^{-w}} = \Lambda(w)$$

Ce modèle définit alors la probabilité associée à l'événement  $y_i=1$  comme la valeur de la fonction de répartition de la loi logistique considérée au point  $x_i\beta$  :

$$p(y_i = 1) = \Lambda(x_i\beta) = \frac{1}{1+e^{-x_i\beta}} \quad \forall i=1,\dots,n$$

## 1.3 Comparaison des modèles probit et logit

Il n'existe pas de test économétrique pour choisir entre ces deux types de modèles. Dans la pratique, les résultats des deux méthodes sont similaires sauf sur des échantillons comportant des valeurs extrêmes.

En effet, les deux fonctions de répartition sont très proches (tableau 25 suivant).

**Tableau 25 : Comparaison des fonctions de répartition  $\Lambda_\lambda(w)$  et  $\phi(w)$**

X	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	2	3
$\phi(w)$	0,5	0,5398	0,5793	0,6179	0,6554	0,6915	0,8413	0,9772	0,9987
$\Lambda(w)$	0,5	0,5250	0,5498	0,5744	0,5987	0,6225	0,7311	0,8808	0,9526

Source : Amemiya (1981)

Par conséquent, la question du choix entre les deux modèles pose peu de problèmes. Nous choisissons l'utilisation d'un modèle logit.

---

<sup>65</sup> Les modèles logit ont été initialement introduits comme approximations de modèles probit, permettant des calculs plus simples.

## **Section 2 : Les variables disponibles pour l'analyse de la probabilité d'être raccordé à un branchement privé à partir du questionnaire (enquête eau 2005, Dakar)**

### **2.1 Les variables détectant une éventuelle influence de l'enquêteur sur les réponses**

Les variables enquêteurs : dans le cas des questions de nature « subjective » (opinion du chef de ménage sur tels ou tels aspects de la politique de la SDE par exemple), il peut exister un effet enquêteur lié à la manière dont la question a été posée par la personne enquêtant.

En ce qui concerne des questions de nature « objective » (je suis raccordé ou pas, j'ai un lavabo, etc...), il est supposé que cet effet n'existe pas.

### **2.2 Les variables liés au lieu d'habitation du chef de ménage**

Les variables quartiers : cette variable prend en compte la situation géographique du chef de ménage au sein de Dakar.

Cette variable pourrait prendre en compte un certain de nombre de phénomènes que nous pouvons distinguer un à un :

- La présence ou non des différents modes d'approvisionnement en 2005 (au moment de la réalisation du questionnaire) dans les différents quartiers ;
- Le prix des différents modes d'approvisionnement en 2005 qui peuvent vraisemblablement changer selon les quartiers du fait ou non de leur disponibilité (voir ci-dessus) ;
- La difficulté à se raccorder au branchement privé (et par conséquent un coût de raccordement éventuellement plus élevé) selon les quartiers en 2005 ;
- Une différence de qualité de l'eau en 2005 (et/ou de pression) des différents modes d'approvisionnement selon les quartiers ;

- Tout autre phénomène que les quatre autres cités ci-dessus pouvant expliquer le fait que l'on se raccorde ou non dans un quartier particulier en 2005 (ex : politique volontariste de la SDE dans certains quartiers en termes de raccordements sociaux).

On ne peut préjuger *a priori* du signe des coefficients des variables « Quartiers » dans la régression car ces dernières agrègent les variables ci-dessus, variables pouvant avoir des effets contradictoires.

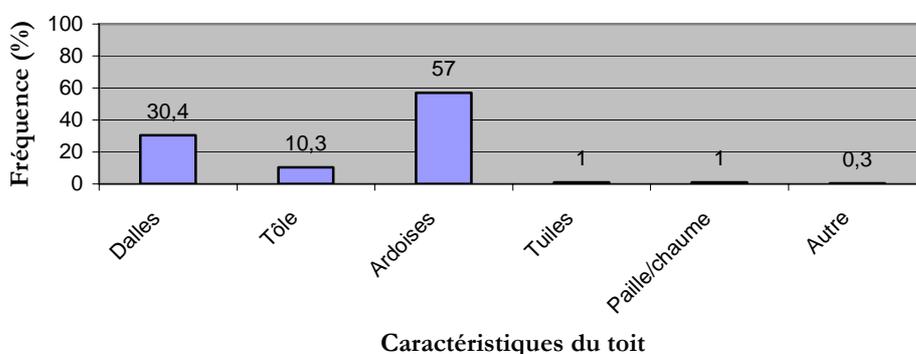
## 2.3 Les variables liées aux caractéristiques de la maison en 2005

### 2.3.1 La nature du toit, des murs et des sols

Ces variables en tant que telles peuvent-elles être des facteurs explicatifs du fait d'être raccordé à un branchement privé ? Le fait d'avoir telle ou telle nature de mur, de toit ou de sols peut-il avoir un effet sur la probabilité d'être raccordé à un branchement privé et donc d'avoir un accès facilité à l'eau. En fait, ces variables peuvent être prises vraisemblablement comme indicateur d'un certain niveau de vie (et donc à un recours plus fréquent au branchement privé). La littérature indique que ces caractéristiques permettent, à travers les caractéristiques de l'habitat, d'avoir une idée du niveau de revenu du ménage et peuvent être intégrées dans la construction d'un indicateur plus large de richesse.

L'enquête révèle que concernant la nature du toit, 30,4% des habitats des ménages disposent d'un toit en dalles et 57% en ardoises. Puis, 10,3% des habitats des ménages disposent encore d'un toit en tôle (voir graphique 49).

**Graphique 49 : Caractéristiques du toit des habitats des ménages**



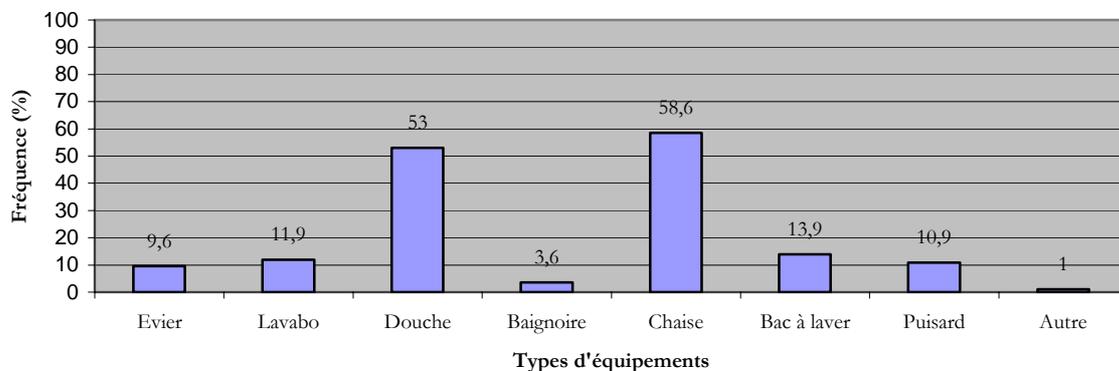
Concernant les murs, 93% des habitats des ménages ont des murs en ciment. C'est le matériau dominant des habitats de Dakar. Enfin, la plupart des sols sont aussi en ciment (dans 73,2% des cas) ou parfois en banco (14,9%) et en sable (8,9%).

L'autre question qu'il faut se poser, est l'influence d'être raccordé à un branchement privé sur le fait d'avoir tels ou tels natures de sols, de murs et de toit, notamment lors de la construction de la maison. *A priori*, on peut vraisemblablement supposer que ce n'est pas le cas pour les toits, les murs et les sols. Il n'est donc pas aberrant de supposer qu'il n'existe pas d'endogénéité dans le modèle lié au type de construction de la maison.

### 2.3.2 La présence de tels ou tels équipements sanitaires

Tout d'abord la question des équipements en eau des ménages se pose. Le graphique 50 informe sur la fréquence des différents équipements en eau des ménages de Dakar. On peut noter que 58,6% des ménages enquêtés possèdent une chaise et 53% une douche. Puis 13,9% disposent d'un bac à laver, 11,9% d'un lavabo, 10,9% d'un puisard et 9,6% d'un évier.

**Graphique 50 : Équipements en eau des ménages**



Ces différentes variables peuvent être également prises comme proxys d'un certain mode de vie et d'une certaine richesse au même titre que celles citées précédemment et donc avoir un effet pour certaines positif sur le fait d'être raccordé ou non.

Il est également nécessaire de se poser la question de l'endogénéité de ces variables explicatives : en d'autres termes le fait de se raccorder et le fait d'avoir tel ou tel équipement sanitaire se réalisent-ils simultanément ? Il n'est pas aberrant de supposer que cela soit le cas dans le cas de certains équipements sanitaires (ex : douche, baignoire, lavabo). Il est dans ce cas nécessaire de chercher les variables instrumentales qui pourraient expliquer le fait d'avoir installer tels ou tels

équipements sanitaires, variables telles que des variables sociodémographiques (âge, richesse de la personne, nombre d'enfants etc.), le prix de l'équipement, la surface disponible de l'habitation, etc., au moment de la décision.

Cependant, nous ne disposons pas d'un certain nombre de ces différentes caractéristiques et nous ne pouvons donc vérifier s'il existe un éventuel biais dans l'estimation des paramètres du modèle lié à l'endogénéité du choix de l'équipement lors du raccordement.

### 2.3.3 Le nombre de pièces à usage d'habitation

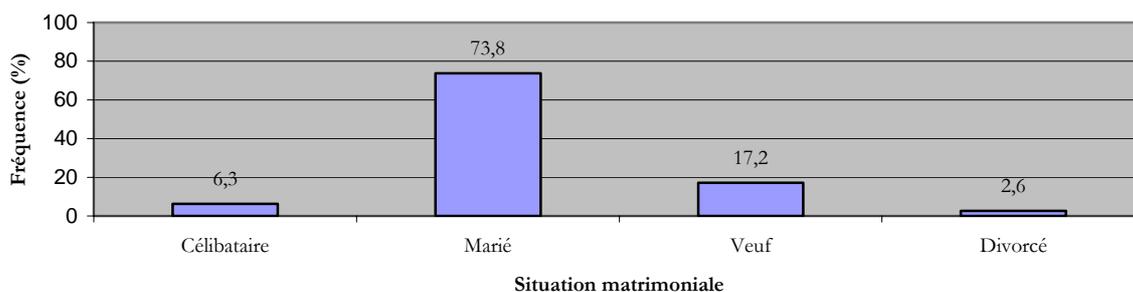
Cette variable peut avoir un effet positif sur la probabilité d'être raccordé à un branchement privé, du fait notamment d'un nombre plus élevé de personne habitant la maison et/ou du fait que cela peut être considéré comme un signe de richesse. Dans l'étude de Singh *et alii* (1993) sur l'Inde, le nombre de chambres dans le logement augmente le consentement à payer des ménages pour un accès à un robinet sur cour.

## 2.4 Les caractéristiques socio-démographiques du chef de ménage en 2005

### 2.4.1 La situation matrimoniale du chef de ménage

On peut supposer que le choix de s'être raccordé à un branchement privé peut varier selon la situation matrimoniale du chef de ménage.

**Graphique 51 : Situation matrimoniale de l'enquêté**



## 2.4.2 L'âge du chef de ménage

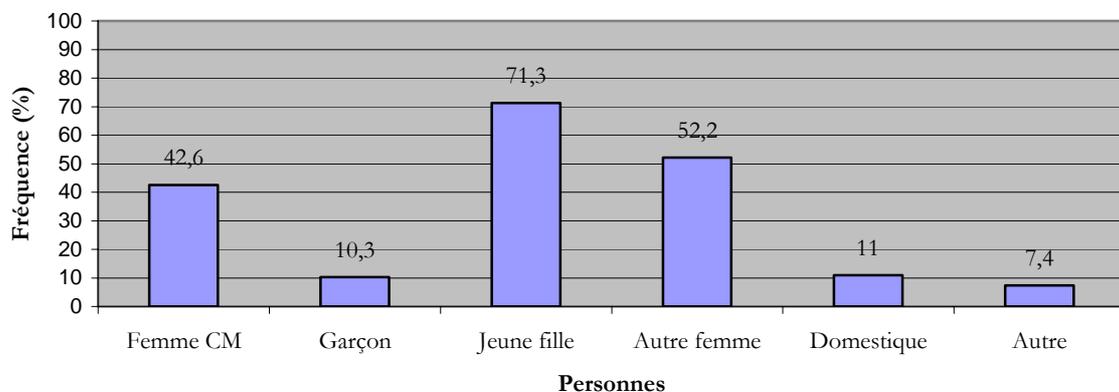
Cette variable peut également influencer cette probabilité : si l'on fait l'hypothèse que la richesse augmente avec l'âge, l'âge pourrait avoir un effet positif. Si l'on fait l'hypothèse que les plus âgés adoptent plutôt un mode de vie à l'ancienne, cette variable pourrait avoir un effet négatif. Par conséquent, l'effet de cette variable est ambigu.

## 2.4.3 Le genre du chef de ménage

On peut supposer vraisemblablement que le genre du chef de ménage puisse avoir un effet sur le fait de se raccorder : les choix peuvent différer d'un sexe à l'autre. Plus précisément, la littérature indique que ce sont plus souvent les femmes qui sont chargées de la corvée d'eau.

Notre enquête confirme largement cette tendance (voir graphique 52). Dans 71,3%, 52,2% et 42,6% des cas, ce sont respectivement une jeune fille, une autre femme du chef de ménage et la femme du chef de ménage qui, sont chargées de la collecte d'eau à la borne fontaine.

**Graphique 52 : Personnes chargées de la corvée d'eau à la borne fontaine**



Ainsi, on peut comprendre le coût d'opportunité représenté par le temps nécessaire à la collecte d'eau pour les femmes qui pourraient redéployer ce temps à des activités (même informelles) rémunératrices (commerce, agriculture), à l'éducation des enfants ou à la préparation des repas (Curtis, 1986 ; Cairncross et Cliff, 1987). Dans ce cas, les femmes peuvent influencer le choix de raccordement du ménage.

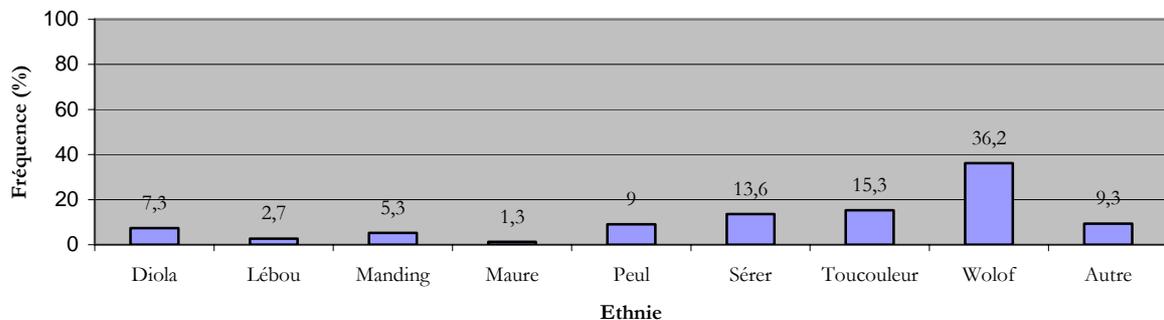
D'un autre côté, dans le cas où c'est l'homme qui gère le budget du ménage, on peut comprendre sa réticence à se raccorder et à préférer les autres modes d'approvisionnement qui offrent l'avantage d'une gestion du budget eau au jour le jour en fonction des revenus (souvent irréguliers) plutôt qu'à un paiement bimensuel d'une facture.

#### 2.4.4 L'ethnie du chef de ménage

Dakar est une ville marquée par la coexistence de nombreuses ethnies que notre enquête reflète (voir graphique 53).

On peut supposer que l'ethnie d'appartenance du chef de ménage peut influencer (de manière positive ou négative) le choix du chef de ménage de se raccorder à un branchement privé. En effet, l'attitude de telles ou telles ethnies dans les pratiques de consommation peut influencer un tel choix. Dans l'étude de Singh *et alii* (1993) sur l'Inde, les auteurs montrent que le fait que le ménage soit Hindou diminue le consentement à payer pour un accès à un robinet sur cour.

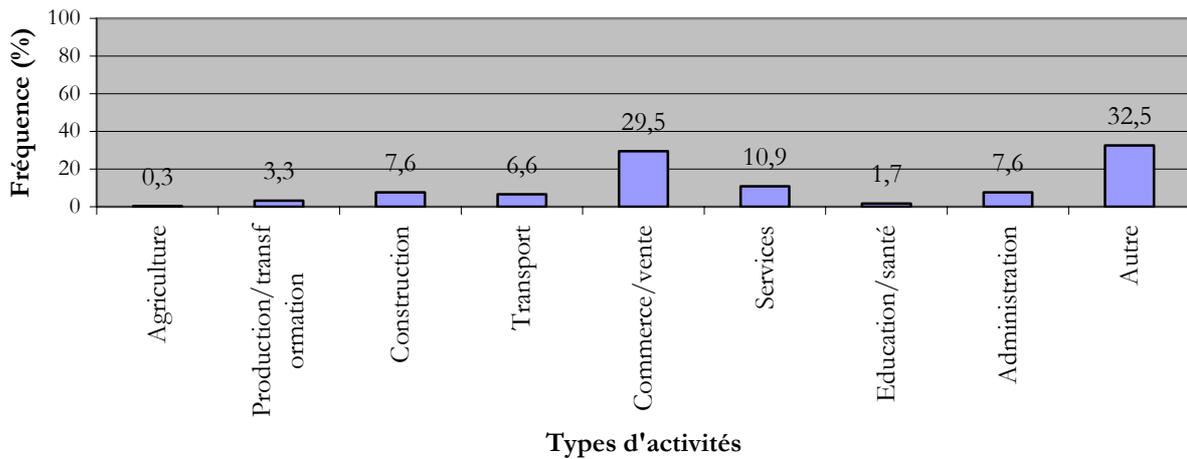
**Graphique 53 : Ethnie du chef de ménage**



#### 2.4.5 Le type d'activité principale exercée par le chef de ménage

L'enquête révèle une certaine diversité des activités des ménages de Dakar (voir graphique 54). Dans le cas de l'enquête, ce sont des secteurs d'activités et non des PCS. Elles ne peuvent être prises comme indicateur de richesse. *A priori*, elles n'ont pas d'effet présumé mais elles sont mises à titre indicatif.

Graphique 54 : Activité principale de l'enquêté



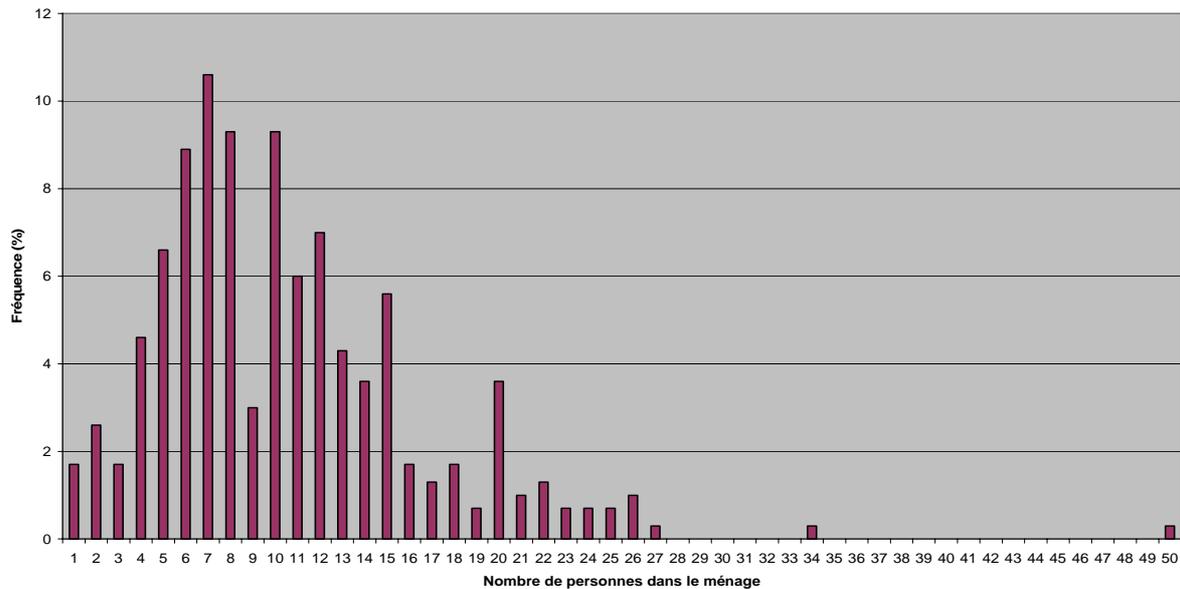
#### 2.4.6 Le fait d'avoir une activité secondaire ou non

Il est difficile d'apporter une interprétation *a priori* de cette variable. Est-ce que les chefs de ménage qui ont une activité secondaire sont ceux dont l'activité principale n'est pas assez rémunératrice ou ceux qui veulent avoir un revenu plus élevé ?

#### 2.4.7 La taille du ménage

L'effet de la taille du ménage est incertain. On peut émettre l'hypothèse que plus la taille du ménage est importante, plus le besoin en eau est important et plus il est nécessaire pour ce ménage d'avoir un accès plus facile et moins cher à l'eau (effet positif sur la probabilité d'être raccordé lié à la fois à un accès plus facile et un prix de l'eau moins élevé). Inversement, on pourrait penser que si le nombre de personnes dans le ménage augmente, plus il y a de personnes pouvant aller aux bornes fontaines et donc avoir un effet négatif sur la probabilité d'être raccordé à un branchement privé. Les données de l'enquête révèlent que la taille de ménage la plus fréquente à Dakar est de 7 personnes (voir graphique 55).

Graphique 55 : Taille du ménage

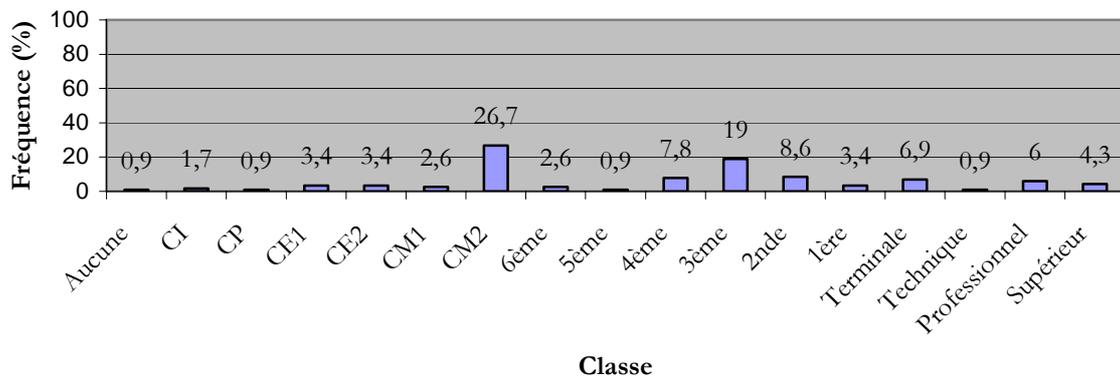


#### 2.4.8 Le niveau d'éducation du chef de ménage

Le fait de savoir lire ou écrire ainsi que le fait d'être allé à l'école permet de penser qu'ils puissent avoir un effet positif sur la probabilité d'être raccordé à un branchement privé. Tout d'abord, parce que le chef de ménage peut lire les factures. De plus, un ménage dont le niveau d'éducation est plus élevé à une rémunération plus élevée donc, un coût d'opportunité lié au temps de collecte de l'eau plus élevé. Enfin, la littérature montre aussi que lorsque le niveau d'éducation des membres du ménage augmente, ces derniers sont plus conscients des bénéfices sanitaires liées à la consommation d'eau potable à un service amélioré (branchement privé ou borne fontaine).

Notre enquête révèle que 57% des ménages savent lire et écrire et seulement 38,4% sont déjà allés à l'école. Parmi ceux qui sont allés à l'école, 26,7% ont achevé la classe du CM2 et 19% la classe de 3<sup>ème</sup> (voir graphique 56).

**Graphique 56 : Plus haute classe achevée par l'enquêté**

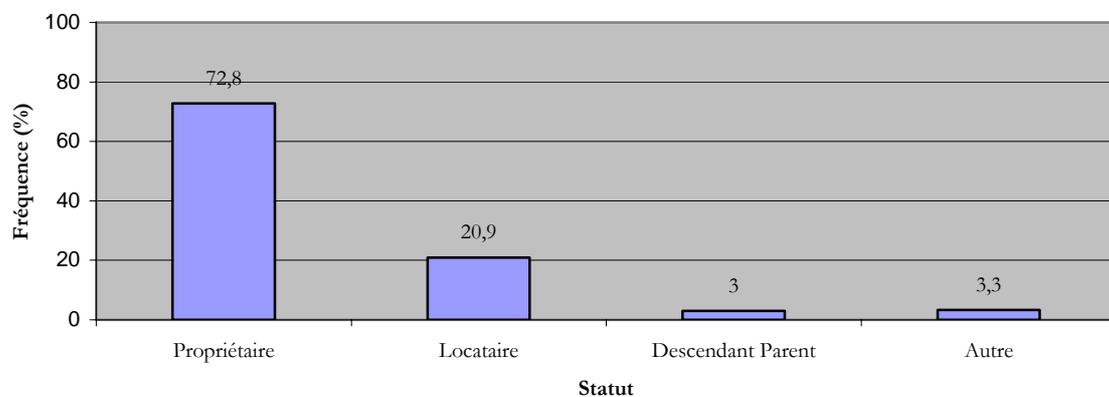


#### 2.4.9 Le statut du chef de ménage dans la concession (immeuble ou maison individuelle selon les cas)

Le fait que le chef de ménage soit propriétaire (soit en tant que descendant soit en payant des traites) ou qu'il soit locataire peut vraisemblablement avoir un effet sur le fait d'être raccordé ou non à un branchement privé. Par exemple, il est vraisemblable de penser que le fait d'être propriétaire incite le chef de ménage à se raccorder. En tout cas, la SDE demande un titre de propriété pour autoriser le raccordement car seuls les logements réguliers peuvent être raccordés au réseau de la SDE.

D'après les données de l'enquête, 72,8% des ménages sont des propriétaires et 20,9% sont locataires (voir graphique 57).

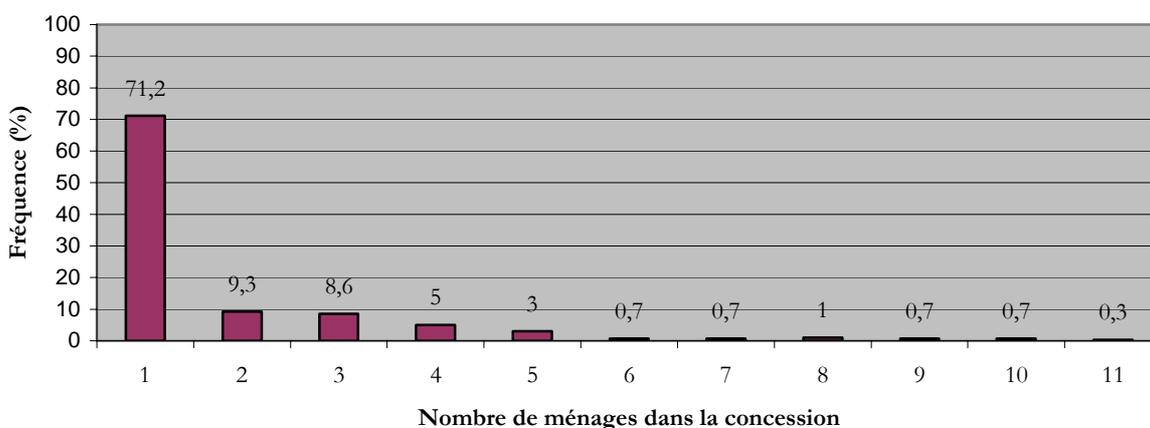
**Graphique 57 : Statut de l'enquêté dans la concession**



#### 2.4.10 Le nombre de ménages dans la concession (immeuble ou maison individuelle selon le cas)

L'enquête révèle que si 71,2% des ménages sont seuls dans la concession, il est possible que plusieurs ménages partagent la même concession (voir graphique 58). En effet dans 9,3% des cas, deux ménages se partagent la concession ; dans 8,6% des cas, trois ménages se partagent la même concession et dans 5% des cas, ils sont 4 à se partager la concession.

**Graphique 58 : Nombre de ménages dans la concession**



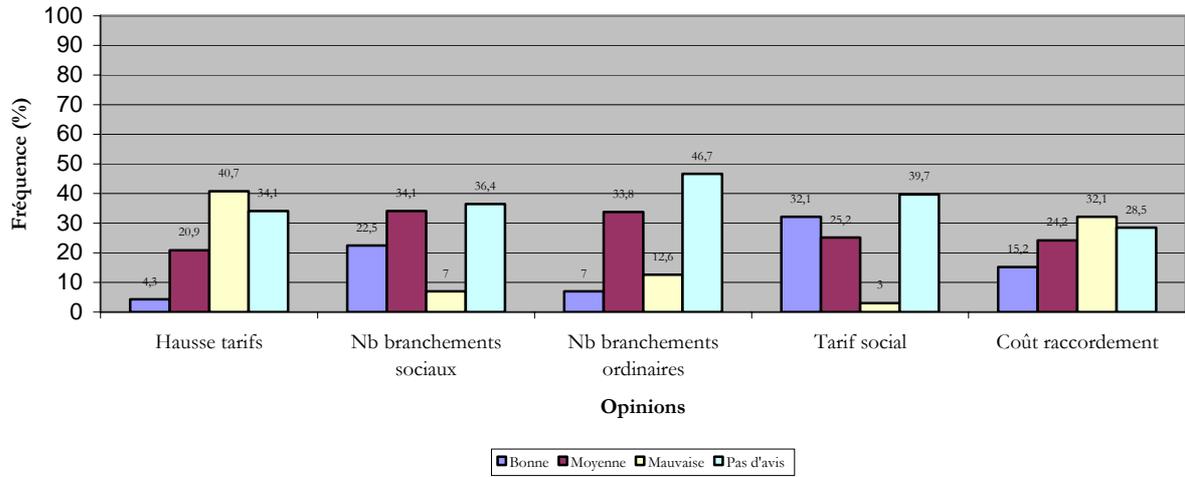
On peut supposer que lorsqu'il existe plusieurs ménages dans une concession, le coût du raccordement par personne est moins élevé s'il y a seulement un branchement pour tous. Dans ce cas, on peut penser que cela peut avoir un effet positif sur la probabilité d'être raccordé. De plus, s'il y a seulement un raccordement pour tous les ménages de la concession, ceux-ci peuvent se partager la facture d'eau. En effet, l'enquête révèle que parmi les ménages raccordés, 9,4% d'entre eux partagent la facture avec les autres ménages de la cour en fonction de la taille du ménage et 6,9% d'entre eux partagent la facture avec les autres ménages de la cour à part égale. Cependant le fait de partager la facture peut être un avantage mais aussi un inconvénient. En effet, la littérature (Whittington, 1992) indique que la tarification progressive (tranches tarifaires croissantes en fonctions du volume de consommation) peut avoir des effets contre-redistributifs puisque dans le cas de plusieurs ménages relativement pauvres, partageant une seule concession avec un seul raccordement, le volume de consommation est très élevé et correspond alors au tarif de la tranche pleine ou dissuasive. À l'inverse, un ménage relativement riche disposant de son propre branchement individuel consomme un volume faible d'eau correspondant ainsi au tarif de la tranche social.

Nous n'avons pas retenu comme variable explicative le nombre d'enfants car on ne sait s'ils sont à la charge du chef de ménage ou non. Nous n'avons pas également retenu le nombre de personnes à charge hors ménage car nous craignons que cette variable ne soit pas de bonne qualité du fait d'une possibilité que les chefs de ménages aient englobé les personnes de leurs ménages dans leur réponse. Pour éviter l'ambiguïté et les biais, nous ne retenons pas ces variables. Nous avons préféré retenir le nombre de ménages dans la concession plutôt que le nombre de personnes dans la concession pour deux raisons. Premièrement, il existe une corrélation évidente entre le nombre de personnes et le nombre de ménages dans la concession. Deuxièmement, il existe une corrélation probable entre le nombre de personnes dans la concession et le nombre de personnes dans le ménage. De plus, nous suspectons que cette variable soit de mauvaise qualité. En effet, quand nous faisons la différence entre le nombre de personnes dans la concession et le nombre de personnes dans le ménage, nous obtenons un nombre négatif, ce qui n'est pas logique.

## **2.5 Les opinions sur la politique de la SDE du chef de ménage en 2005**

Il a été demandé aux chefs de ménages de donner leur avis sur la politique menée par la SDE en matière de branchement privé en particulier sur les aspects tarifs (prix de l'eau, coût du raccordement, tarif social) et sur le nombre de branchements ordinaires et sociaux. On peut supposer que ceux ayant un avis plutôt bon ou moyen sur ces différents aspects auront une probabilité d'être raccordé plus importante et inversement (voir graphique 59).

**Graphique 59 : Opinion des ménages sur la politique de la SDE en matière de branchements privés**



Enfin, un certain nombre de variables tels que le prix des différents modes d’approvisionnement, la qualité de l’eau, la présence d’un puit dans la concession, la distance aux bornes fontaines pourrait également jouer sur la probabilité d’être raccordé à un branchement privé. Cependant, nous ne disposons pas de ces données pour tous les chefs de ménages. Seuls les chefs de ménages utilisant ces différents modes ont répondu aux questions, d’où l’existence d’un certain nombre de données manquantes.

### **Section 3 : Un premier modèle sans restriction sur les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes**

Ce premier modèle est construit en faisant l’hypothèse (comme dans la littérature, Nauges et Van Den Berg (2006)) que les caractéristiques présentes (décrites à travers l’enquête de 2005) ne sont pas très éloignées des caractéristiques passées au moment de la décision du raccordement. Ainsi, avec cette hypothèse, on peut expliquer la probabilité du raccordement passé par des variables explicatives issues des caractéristiques présentes du ménage (décrites par l’enquête de 2005).

Ce premier modèle s’appuie sur le sous-échantillon des chefs de ménages (187 chefs de ménages contre 302 enquêtés au total).

### **3.1 L'étude des différentes corrélations (de Spearman) entre les variables retenues pour l'analyse**

L'étude des corrélations significatives à 1% ainsi que la présentation des nouvelles variables introduites dans l'analyse sont présentées en annexe 4.

### **3.2 Les résultats économétriques du premier modèle**

Sous le logiciel SPSS, nous utilisons une méthode ascendante basée sur le rapport de vraisemblance qui permet de sélectionner les variables significatives parmi l'ensemble des variables données. L'ensemble des variables utilisées prend en compte les différentes corrélations citées ci-dessus. De nombreuses variantes de modèles ont été utilisées (remplacement de la variable alphabétisation par la variable niveau d'étude, et différentes formes fonctionnelles pour la variables quantitatives telles que  $\ln(\hat{\text{âge}})$  ou  $\hat{\text{âge}}$  etc.)<sup>66</sup>.

#### **3.2.1 Le test de Hosmer-Lemeshov**

Ce test permet de vérifier si cela a un sens d'utiliser ce modèle. Si cette valeur est faible ( $<0,05$ ), alors le modèle ne donne pas un ajustement correct des données. Selon le critère de 5%, les modèles 12 et 13 obtenus doivent être refusés. On retient alors le modèle 11 (voir le tableau 26 ci-dessous).

---

<sup>66</sup> Les variables de référence sont ici les suivantes : quartier 1, l'ethnie « Toucouleur », l'activité « commerce », la « fosse », les maisons dont le mur sont en ciment et le toit en ardoises et le sol en sable et, les variables correspondant au fait de ne pas avoir d'avis sur la politique de la SDE en termes de branchements sociaux, de branchements ordinaires, de tarif social, de TARSDEP et OPCOUTP.

**Tableau 26 : Résultats du test de Hosmer-Lemerhov sur les différents modèles possibles**

Étape	Chi-deux	Ddl	Significativité
1	0,000	0	
2	1,849	2	0,397
3	2,175	4	0,704
4	10,421	7	0,166
5	3,833	8	0,872
6	4,921	8	0,766
7	8,919	8	0,349
8	10,668	8	0,221
9	7,614	7	0,368
10	13,345	7	0,064
11	14,205	8	0,077
12	17,681	8	0,024
13	35,242	8	0,000

### 3.2.2 Le test de significativité des variables explicatives

Pour tester des hypothèses sur les coefficients des variables explicatives (et notamment qu'un de ceux-ci soit nul) pour un seuil de significativité  $\alpha$ , on dispose d'un large éventail de procédures. Une des méthodes consiste à utiliser le test de Wald (test utilisé par le logiciel SPSS), test plus général portant sur les restrictions des coefficients des variables explicatives mais qui peut s'appliquer dans le cas particulier du test de la nullité d'un coefficient.

Celui-ci s'interprète de la même manière que le t-student : plus la p-value de ce test est faible, plus il y a de chance que le coefficient testé soit statistiquement différent de 0 et donc que la variable explicative considérée soit significative pour le seuil  $\alpha$  choisi.

Ainsi si l'on suppose un seuil de 5% pour l'ensemble des variables explicatives, les modèles 9,10 et 11 doivent être refusés. On conserve donc le modèle 8 (test Hosmer-Lemerhov vérifié) pour lequel toutes les variables explicatives sont significatives au seuil de 5% (voir tableau 27 ci-dessous).

**Tableau 27 : Les variables qui expliquent la probabilité qu'un ménage de Dakar soit raccordé ou non en 2005 au branchement privé: résultats du modèle 1 logit**

Variabes	B	E.S	Wald	Significativité
Constante	-4,917	0,820	35,915	0,000
Le chef de ménage est une femme veuve (V1)	1,931	0,588	10,787	0,001
Le chef de ménage sait lire et écrire (V8)	1,390	0,476	8,530	0,003
Le chef de ménage a une autre activité (V7)	1,503	0,483	9,661	0,002
Toilette (équipement en eau du chef de ménage (V6)	2,250	0,491	20,973	0,000
Bac à laver (équipement en eau du chef de ménage (V5)	1,486	0,655	5,146	0,023
Dalle (équipement du toit du chef de ménage) (V4)	1,906	0,507	14,123	0,000
Le chef de ménage a une bonne opinion sur la hausse des prix mise en place par la SDE (V3)	1,493	0,543	7,569	0,006
Le chef de ménage est propriétaire (V2)	1,233	0,535	5,301	0,021

Les valeurs numériques des coefficients n'ont pas d'interprétation directe : en effet, les valeurs de ces coefficients dépendent du codage utilisé pour la variable dépendante. Or, celui-ci est arbitraire et par conséquent, les valeurs obtenues seraient différentes pour tout autre codage.

En revanche, leur signe et le fait qu'ils soient ou non significatifs sont interprétables. Le signe permet de savoir si la probabilité de  $y_i$  est une fonction croissante ou décroissante de la variable explicative correspondante (toute chose égale par ailleurs).

### 3.2.3 Les corrélations des variables explicatives significatives à 5%

Comme pour le cas d'un modèle de régression linéaire, nous vérifions si les variables explicatives significatives ne sont pas corrélées. Le tableau 28 ci-dessous montre que ce n'est pas le cas.

**Tableau 28 : Corrélations des variables explicatives du modèle 1 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005)**

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
V1	1,00	0,05	-0,14	-0,01	0,05	0,07	0,00	-0,38
V2	0,05	1,00	0,05	-0,01	0,18	0,06	0,13	0,13
V3	-0,14	0,05	1,00	-0,01	-0,11	-0,02	0,11	0,22
V4	-0,01	-0,01	-0,01	1,00	0,03	0,20	-0,09	0,14
V5	0,05	0,18	-0,11	0,03	1,00	-0,16	0,08	0,15
V6	0,07	0,06	-0,02	0,20	-0,16	1,00	-0,14	0,06
V7	0,00	0,13	0,11	-0,09	0,08	-0,14	1,00	0,19
V8	-0,38	0,13	0,22	0,14	0,15	0,06	0,19	1,00

### 3.2.4 Les conclusions du premier modèle

Le modèle 1 logit (sans restriction sur les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes) montre qu'il existe sept déterminants de la demande avérée des ménages de Dakar pour le branchement privé en 2005 :

- 1) Le fait que le chef de ménage soit équipé d'un bac à laver et des toilettes (chaise anglaise ou turque) augmente la probabilité qu'il soit raccordé à un branchement privé.
- 2) Il apparaît également que les maisons équipées d'une dalle (comme toit) sont plus souvent raccordées.
- 3) Le fait que le chef de ménage soit une femme veuve augmente la probabilité d'être raccordé à un branchement privé.
- 4) Le fait d'être capable de lire et d'écrire a également un effet positif sur la probabilité d'être raccordé.
- 5) Le fait d'avoir une activité autre que celles citées dans le questionnaire (activité informelle ?) a un effet positif sur la probabilité d'être raccordé.
- 6) Le fait d'être propriétaire (soit en tant que descendant soit en payant des traites) a un effet positif sur la probabilité d'être raccordé à un branchement privé.
- 7) Le chef de ménage ayant une opinion correcte par rapport à la politique de la SDE en terme de hausse des prix a plus de chance d'être raccordé qu'un autre ménage.

Afin de connaître l'effet d'une variation d'une variable explicative sur la probabilité d'obtention de la variable dépendant  $y_b$ , (modèle logit), nous calculons pour chacune des variables explicatives l'exponentiel du coefficient estimé ( $\exp(B)$ ) (voir tableau 29 ci-dessous).

Ce chiffre correspond au rapport de la probabilité associée à l'événement  $y_i=1$  à la probabilité de non survenue de cet événement ( $y_i=0$ ) :

$$\frac{p(y_i = 1)}{p(y_i = 0)} = \text{Odd ratio}$$

Ce ratio indique comment un changement d'une unité dans une variable explicative influe sur les probabilités que cette variable prenne une valeur plutôt qu'une autre. Si ce ratio est supérieur à 1, cela signifie qu'une augmentation de la valeur de la variable explicative implique une augmentation de la probabilité que l'événement  $y_i$  se produise. Inversement, lorsque ce ratio est inférieur à 1, cela signifie qu'une diminution de la valeur de la variable explicative implique une diminution de la probabilité que l'événement  $y_i$  se produise. Plus ce ratio est proche de 1, plus la contribution de la variable  $x_i$  à l'explication globale du modèle est faible.

**Tableau 29 : Exponentiel des coefficients estimés des variables explicatives du modèle 1 logit de la probabilité du raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005)**

	Exp (B)
Constante	0,007
Le chef de ménage est une femme veuve (V1)	6,899
Le chef de ménage sait lire et écrire (V8)	4,016
Le chef de ménage a une autre activité (V7)	4,494
Le chef de ménage dispose d'une toilette (V6)	9,491
Le chef de ménage dispose d'un bac à laver (V5)	4,422
Le toit de l'habitat du chef de ménage est en dalle (V4)	6,728
Le chef de ménage a une bonne opinion sur la hausse des prix mise en place par la SDE (V3)	4,452
Le chef de ménage est propriétaire (V2)	3,431

Le fait que le ménage dispose d'une chaise (toilette) est la variable qui contribue le plus à expliquer la probabilité que celui-ci soit raccordé (indicateur de richesse), suivie du fait que le chef de ménage soit une femme veuve (coût d'opportunité du temps) et du fait que le toit de l'habitat soit une dalle (indicateur de richesse)

### 3.2.5 Qualité de l'ajustement global du premier modèle

Lorsque les variables explicatives ont une influence sur la variable dépendante, il est intéressant de connaître la qualité de l'ajustement du modèle en calculant le pseudo- $R^2$  ( $R^2$  de Mc Fadden).

$$R_{\text{MacFadden}}^2 = 1 - \frac{\log L(\text{cste}, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k)}{\log L(\text{cste}, \hat{\beta}_1 = 0, \dots, \hat{\beta}_k = 0)}$$

Lorsque le modèle choisi (non contraint) n'ajuste pas bien les données,  $\log L(\text{cste}, \hat{\beta}_1 = 0, \dots, \hat{\beta}_k = 0) \approx \log L(\text{cste}, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k)$  et par conséquent, le  $R_{\text{MacFadden}}^2$  tend vers 0.

Par conséquent, plus le  $R_{\text{MacFadden}}^2$  est proche de 1, plus le modèle retenu ajuste correctement les données (voir résultat dans le tableau 30).

**Tableau 30 : Mesure de la qualité de l'ajustement du modèle 1 logit de la probabilité du raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005)**

	R <sup>2</sup> de Mac Fadden
Modèle 1 logit	0,381

La qualité de l'ajustement global du modèle n'est pas mauvaise, mais elle pourrait être améliorée par l'introduction d'autres variables tels que le prix des différents modes d'approvisionnement, la qualité de l'eau, la présence d'un puit dans la concession, la distance aux bornes fontaines dont nous ne disposons pas dans l'enquête.

### 3.2.6 Analyse des prévisions du premier modèle

Nous complétons l'analyse de la qualité de l'ajustement du modèle par une analyse de la performance de ce modèle en terme de prévision. Pour cela, nous calculons le % de prédictions correctes réalisées à partir du modèle choisi (voir tableau 31).

**Tableau 31 : Prédiction du modèle 1 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005)**

Observé	Prévu			Pourcentage correct
	Branchement privé			
	Non (0)	Oui (1)		
Branchement privé	Non (0)	77	15	83,7
	Oui (1)	17	76	81,7
Pourcentage global				82,7

Les résultats en terme de prédiction obtenus à partir du modèle sélectionné sont bons. En moyenne, 82,7 % des prévisions sont correctes : 83,7 % dans le cas des 0 (ne pas être raccordé à un branchement privé) et 81,7 % dans le cas des 1 (être raccordé à un branchement privé).

Cependant, nous pensons que les hypothèses concernant la cohérence temporelle entre la variable à expliquer (le raccordement passé) et les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes jouent un rôle important dans les résultats de ce premier modèle. C'est pourquoi, nous proposons de tester un second modèle qui lève ces hypothèses en restreignant le champ des variables explicatives liées aux caractéristiques présentes. Ce second modèle est présenté dans la section suivante, ce qui nous permettra en conclusion de comparer et discuter des résultats de ces deux modèles au regard de la littérature.

## **Section 4 : Un deuxième modèle avec restriction sur les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes**

Bien que la littérature ait souvent expliqué la probabilité du raccordement passé par des caractéristiques présentes (problème de cohérence temporelle entre la variable à expliquer et les variables explicatives), il nous semble que cette hypothèse est forte, surtout dans le cas du Sénégal. En effet, suite à la privatisation du secteur, la SDE a mené depuis 10 ans une politique volontariste de branchements et d'extension du réseau des bornes fontaines. Ceci signifie concrètement que les opinions des ménages concernant les différents modes d'approvisionnement ont pu évoluer. C'est pourquoi, nous proposons alors un deuxième modèle qui restreint le champ des variables explicatives liées aux caractéristiques présentes. Ce modèle permet de lever les problèmes de cohérence temporelle (décrits de façon plus détaillée ci-dessous) et nous semble méthodologiquement plus rigoureux.

### **4.1 Les problèmes existants et les variables explicatives retenues pour analyser la probabilité d'être raccordé**

Il est important de rappeler que la probabilité étudiée est celle d'être raccordée et non de se raccorder. Cette précision est essentielle car cela suppose que ce choix a pu être réalisé dans le passé et non pas dans le présent. En effet, seulement deux personnes se sont raccordées en 2005.

Par conséquent, puisque cette décision s'est faite dans le passé, est-ce effectivement le chef de ménage présent dans le logement qui a pris cette décision ?

On peut vraisemblablement supposer que ceux qui ont répondu propriétaire à la question « qui a payé le branchement privé ? » et qui sont propriétaires (payant) du logement sont effectivement ceux qui ont pris la décision. On peut faire la même hypothèse pour ceux qui ont répondu que c'est le locataire qui a payé le branchement privé et qui sont locataires. Dans les autres cas, on ne peut savoir si ce sont eux qui ont pris la décision (ex : ceux qui ont répondu propriétaire dans la première question et répondu descendant dans l'autre, ne sont pas forcément ceux ayant pris la décision (d'autant que la date de raccordement est ancienne)). Cela nécessite donc la création d'une autre base prenant en compte cet aspect.

Par conséquent, en faisant ces hypothèses, on suppose donc implicitement que le chef de ménage ayant répondu est celui qui a pris la décision passée de se raccorder : cette hypothèse est peut être forte, mais si elle n'est pas faite, l'estimation n'est pas réalisable. La variable statut du chef de ménage dans la concession peut être prise comme variable explicative.

Hormis ce problème lié à la base de référence, le fait que la décision soit faite dans la grande majorité dans le passé est à des dates différentes pose d'autres problèmes notamment concernant le choix des variables explicatives. En effet, pour chaque raccordement passé, nous devons disposer des caractéristiques au moment de la décision. Les variables explicatives retenues ne doivent pas avoir profondément été modifiées depuis le moment de la décision. En ce qui concerne les caractéristiques du chef de ménage comme le genre, lire ou écrire, éventuellement l'activité professionnelle, il faut que cette hypothèse soit vérifiée. Cependant même en ne prenant que des raccordements relativement récents (depuis 1995), il se peut néanmoins que le chef de ménage est pu changer (ex : veuvage). Par conséquent, toutes les caractéristiques liées à la personne peuvent avoir changées et donc ne peuvent pas être prises en compte dans le modèle. Dans le cas de l'ethnie, on peut supposer qu'il existe une forte endogamie : par conséquent, même si le chef de ménage devient une femme par veuvage, on peut supposer que l'ethnie est la même que son mari défunt.

La nature passée des raccordements a également pour conséquence que cette probabilité ne peut dépendre :

- Des choix réalisés en termes de modes d'approvisionnement réalisés eux dans le présent (aller à la borne fontaine ou de ses avantages/inconvénients présents, utilisation ou non de l'eau de voisinage, utilisation ou non d'un puits seyaan, etc.). Le

fait d'être raccordé est en effet antérieur aux choix de ces différents modes (sauf pour les deux cas de raccordement en 2005). La décision de se raccorder aurait pu dépendre des caractéristiques (inconvenients de chacun de ses modes par exemple) mais au moment de la décision passée de se raccorder, on ne dispose pas de ces informations.

- Des opinions présentes sur la politique de la SDE en termes de branchements privés. En effet, celles-ci ne sont pas forcément les mêmes d'autant plus que le fait d'être raccordé a pu modifier ces dernières. Ce type de variable aurait pu être utilisé mais si on avait l'opinion au moment de la décision, ce qui n'est pas le cas.

Par conséquent, hormis l'ethnie et le statut du chef de ménage dans la concession, seules les caractéristiques de la maison et de son équipement (hors quartier puisque les caractéristiques de ces derniers ont forcément été modifiées depuis le moment de la décision de raccordement) peuvent vraisemblablement expliquer le fait d'être raccordé ou non ? Mais dans ce cas là, se posent à nouveau deux problèmes :

- Les caractéristiques données dans l'enquête en 2005 devaient préexister au moment de la décision (ce que nous ne savons pas, mais on peut en faire l'hypothèse) ;
- Et même si c'était le cas, il ne faudrait pas que ces dernières aient changé depuis le moment de la décision car ces dernières sont celles données en 2005. On peut supposer que cette dernière hypothèse n'est pas trop gênante si on ne prend que des raccordements depuis 1995 (par exemple).

La probabilité d'être raccordé (ou non) peut vraisemblablement dépendre de l'existence ou non d'un puits, du prix de l'eau pour ce type de mode d'approvisionnement, de la qualité de l'eau, des coupures fréquentes, des problèmes de pression, de l'existence d'un réseau SDE au moment de la décision du raccordement. Mais nous ne disposons pas de ces données.

Si on suppose que ces dernières hypothèses sont vérifiées, on peut estimer la probabilité qu'un ménage soit raccordé au branchement privé sur la base des chefs de ménage, propriétaires ou locataires, qui se sont raccordés depuis 1995 (10 dernières années), avec comme variables les caractéristiques de la maison et de son équipement, l'ethnie et le statut dans la concession (sous certaines hypothèses).

Il est important de noter que bien qu'il existe un certain pourcentage de personnes qui se sont raccordées et qui vont aux bornes fontaines (ou utilisent d'autres modes d'approvisionnement), cela ne pose pas de problème pour coder la probabilité étudiée puisque la décision d'être raccordée est antérieure. Par conséquent, la valeur 1 est mise pour la variable « utilisation du branchement privé » à partir du moment où le ménage est raccordé indépendamment du fait qu'il utilise actuellement la borne fontaines (ou autres modes d'approvisionnement).

## **4.2 L'étude des différentes corrélations (de Spearman) entre les variables retenues pour l'analyse**

Le second modèle s'appuie sur une nouvelle base prenant en compte les remarques précédentes. On ne retient donc dans le cas des raccordements que ceux effectués depuis 1995 et on ne retient que ceux qui ont répondu propriétaire à la question Q15b<sup>67</sup>, propriétaire à la question Q38 et, ceux qui ont répondu locataire à ces deux mêmes questions. Les autres observations (dans le cas d'un raccordement) ont été supprimées. On obtient alors une base de 137 observations. Et, on ne retient comme variables explicatives que celles citées dans la section précédente (ethnie, statut dans la concession, caractéristiques de la maison).

Nous présentons en annexe 5 l'étude des corrélations significatives à 1%.

## **4.3 Les résultats économétriques du second modèle**

Nous utilisons à nouveau (sous SPSS) une méthode ascendante basée sur le rapport de vraisemblance qui permet de sélectionner les variables significatives parmi l'ensemble des variables données. L'ensemble des variables utilisées prend en compte les différentes corrélations citées ci-dessus<sup>68</sup>.

---

<sup>67</sup> Voir le questionnaire en annexe 2.

<sup>68</sup> Les variables de référence sont les suivantes : l'ethnie « Koniagui », le fait que le toit des habitats soit en paille, PAILLET, fosse.

### 4.3.1 Le test de Hosmer-Lemeshov

Nous rappelons que si la valeur est faible ( $<0,05$ ), alors le modèle ne donne pas un ajustement correct des données. Puisque cette condition est vérifiée pour l'étape 4, le modèle correspondant à cette étape est conservé (voir tableau 32).

**Tableau 32 : Résultats du test de Hosmer-Lemeshov sur les différents modèles possibles**

Etape	Chi-deux	ddl	Significativité
1	0,000	0	-
2	0,029	1	0,865
3	6,820	4	0,146
4	10,249	6	0,115

### 4.3.2 Le test de significativité des variables explicatives

Nous utilisons à nouveau le test de Wald (test utilisé par le logiciel SPSS). Nous rappelons que plus la p-value de ce test est faible, plus il y a de chance que le coefficient testé soit statistiquement différent de 0 et donc, que la variable explicative considérée soit significative pour le seuil  $\alpha$  choisi. Le tableau 33 suivant montre que toutes les variables explicatives de l'étape 4 sont significatives au seuil de 5%.

**Tableau 33 : Les variables qui expliquent la probabilité qu'un ménage de Dakar soit raccordé ou non en 2005 au branchement privé: résultats du modèle 2 logit**

Variabes	B	E.S	Wald	Significativité
Chaise (équipement en eau du chef de ménage)	1,461	0,501	8,521	0,004
Bac à laver (équipement en eau du chef de ménage)	2,235	0,651	11,775	0,001
Dalles (équipement du toit du chef de ménage)	1,591	0,507	9,844	0,002
Locataire (statut du chef de ménage)	-1,859	0,797	5,431	0,020
Constante	-2,126	0,467	20,705	0,000

### 4.3.3 Les corrélations des variables explicatives significatives à 5%

Le tableau 34 montre que les variables explicatives significatives ne sont pas corrélées.

**Tableau 34 : Corrélations des variables explicatives du modèle 2 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005)**

	Bac à laver	Locataire	Chaise	Dalles
Bac à laver	1,000	-0,169	-0,174	0,023
Locataire	-0,169	1,000	-0,047	-0,075
Chaise	-0,174	-0,047	1,000	0,110
Dalles	0,023	-0,075	0,110	1,000

### 4.3.4 Les conclusions du second modèle

Le modèle 2 logit (avec restriction sur les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes) montre qu'il existe trois déterminants de la demande avérée des ménages de Dakar pour le branchement privé en 2005 :

- 1) Le fait que le ménage soit équipé d'un bac à laver et des toilettes (chaise anglaise ou turque) augmente la probabilité que celui-ci soit raccordé à un branchement privé.
- 2) Il apparaît également que les maisons équipées d'une dalle (comme toit) sont plus souvent raccordées.
- 3) Le fait que le ménage soit locataire a un effet négatif sur la probabilité que celui-ci soit raccordé au branchement privé.

Enfin, on peut remarquer que le fait d'appartenir à une ethnie particulière n'est pas significatif dans le choix du raccordement passé au branchement privé.

À nouveau, nous calculons l'exponentiel des coefficients estimés pour mesurer la contribution de chaque variable explicative à l'explication globale du modèle (voir tableau 35).

**Tableau 35 : Exponentiel des coefficients estimés des variables explicatives du modèle 2 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005)**

	Exp (B)
Chaise	4,310
Bac à laver	9,344
Dalles	4,909
Locataire	0,156
Constante	0,119

Il semble donc que ce soit le fait d'avoir un bac à laver qui contribue le plus à expliquer la probabilité d'être raccordé. Les plus fortes contributions émanent des variables liées aux caractéristiques de l'habitat, c'est-à-dire de l'indice de richesse. On observe une contribution plus faible du statut de locataire.

#### 4.3.5 Qualité de l'ajustement global du second modèle

À nouveau, nous apprécions la qualité de l'ajustement global du modèle en calculant le  $R^2_{\text{MacFadden}}$ . Les résultats sont présentés dans le tableau 36.

**Tableau 36 : Mesure de la qualité de l'ajustement du modèle 2 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005)**

	$R^2$ de Mac Fadden
Modèle 2 logit	0,26

La qualité de l'ajustement global du modèle n'est pas mauvaise, mais elle pourrait être aussi améliorée par l'introduction d'autres variables tels que le prix des différents modes d'approvisionnement, la qualité de l'eau, la présence d'un puit dans la concession, la distance aux bornes fontaines au moment de la décision, informations dont nous ne disposons pas dans l'enquête 2005.

#### 4.3.6 Analyse des prévisions du second modèle

Comme pour le premier modèle, nous complétons l'analyse de la qualité de l'ajustement du modèle par une analyse de la performance de ce modèle en terme de prévision. Pour cela, nous calculons le % de prédictions correctes réalisées à partir du modèle choisi (voir tableau 37).

**Tableau 37 : Prédiction du modèle 2 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005)**

Observé	Prévu		
	Branchement privé		Pourcentage correct
	Non (0)	Oui (1)	
Branchement privé Non (0)	86	7	92,5
Oui (1)	17	26	60,5
Pourcentage global			82,4

Les résultats en terme de prédiction obtenus à partir du modèle sélectionné sont bons. En moyenne, 82,4% des prévisions sont correctes : 92,5% dans le cas des 0 (ne pas être raccordé à un branchement privé) et 60,5% dans le cas des 1 (être raccordé à un branchement privé).

## **Conclusion : Comparaison et discussion des résultats des deux modèles au regard de la littérature**

Dans le premier modèle, sept variables expliquent la probabilité qu'un ménage de Dakar soit en 2005 raccordé ou non au branchement privé. Ces sept variables et leurs interprétations sont les suivantes.

- 1) Le fait d'avoir un bac à laver, des toilettes et un toit en dalle

Le modèle montre que le fait d'avoir un bac à laver, des toilettes (chaise anglaise ou turque) et une maison équipée d'une dalle (comme toit) ont un effet positif sur la probabilité que les ménages de Dakar soient raccordés en 2005 à un branchement privé. Rappelons que ces trois variables (bac à laver, chaise et dalle) sont des variables d'équipement et de caractéristiques de l'habitat qui sont censées approximer le niveau de revenu et de richesse des ménages. En effet dans l'étude de Whittington *et alii* (1990) au sud d'Haïti, les auteurs approximent le niveau de revenu des ménages en développant une mesure ordinale de la valeur des capitaux détenus par les ménages à partir de huit questions portant sur la qualité de la construction de l'habitat et de deux questions portant sur deux autres indicateurs de revenu (transferts reçus par le ménage de parents à l'étranger et activité des membres principaux du ménage). Dans cette étude, la variable ainsi créée, appelée « indice de richesse » du ménage apparaît significative pour expliquer la probabilité que le ménage consente à payer pour utiliser le branchement privé ou la borne fontaine.

Dans notre modèle, on peut penser que le fait d'avoir un bac à laver, des toilettes et un toit en dalle représentent indirectement un certain niveau d'équipement et donc de richesse du ménage. Ce dernier explique alors que les ménages ont une probabilité plus élevée d'être raccordés au branchement privé. Ce résultat va aussi dans le sens des travaux de Nauges et Van Den Berg (2006) qui portent, comme notre étude, sur la demande avérée. En effet, les auteurs montrent que le revenu est une variable significative qui explique la probabilité que les ménages au Sri Lanka soient raccordés. Enfin dans les travaux de Nauges et Strand (2005) qui portent aussi sur les déterminants de la demande avérée *ex post* des ménages dans les villes d'Amérique centrale, la variable revenu explique la probabilité d'être raccordé au branchement privé.

## 2) Le fait que le chef de ménage soit une femme veuve

Le fait que le chef de ménage soit une femme veuve a un effet positif sur la probabilité d'être raccordé à Dakar en 2005 à un branchement privé. Rappelons que les femmes supportent plus la tâche et donc le temps de collecte de l'eau, c'est pourquoi dans les études d'évaluation contingente, il a été montré que les femmes attachent davantage d'importance à la fourniture d'eau améliorée (branchement privé et borne fontaine) que les hommes. Ainsi le fait d'être branché permet d'économiser du temps qui peut alors être réalloué à des emplois productifs et rémunérateurs, à l'éducation des enfants ou à la préparation des repas (Curtis, 1986 ; Cairncross et Cliff, 1987). Il nous semble que ces arguments sont d'autant plus vrais que la femme, chef de ménage, est veuve. En effet dans ce cas, elle apparaît être le membre de ménage qui décide de la gestion du budget. Notre résultat est donc cohérent avec la littérature.

## 3) L'alphabétisation du chef de ménage

Le fait de savoir lire et écrire a également un effet positif sur la probabilité que les ménages de Dakar soient raccordés en 2005. La littérature indique qu'un ménage plus éduqué est plus conscient des bénéfices sanitaires à la consommation d'eau potable aux services améliorés (branchement privé et borne fontaine). De plus, un ménage plus éduqué est probablement un ménage qui a un niveau de rémunération plus élevée et donc pour qui le coût d'opportunité en temps lié à la collecte d'eau est plus élevé. Ainsi, il est logique que ces ménages aient une probabilité plus élevée d'être raccordés. Ceci a beaucoup été démontré dans les travaux portant les déterminants du consentement à payer des ménages pour des services améliorés (Altaf *et alii*, 1993 pour le Pakistan ; Whittington, Lauria, 1991 pour le Nigéria ; Briscoe *et alii*, 1990 pour le Brésil ; Whittington *et alii*, 1990 pour le sud d'Haïti et Ahmad *et alii* 2005 pour le Bangladesh).

Mais cela a aussi été démontré dans les études portant sur les déterminants de la demande avérée *ex post* : au Sri Lanka, le niveau d'éducation du chef de ménage augmente la probabilité du ménage d'être branché au raccordement privé (Nauges et Van Den Berg, 2006). De même dans les villes d'Amérique centrale, le revenu explique la probabilité que les ménages soient raccordés au réseau (Nauges et Strand, 2005). Notre résultat est donc cohérent avec la littérature.

4) Le fait d'avoir pour activité principale « autre » que celles proposées dans le questionnaire

Le fait d'avoir une activité autre que celles citées dans le questionnaire semble avoir un effet positif sur la probabilité que les ménages de Dakar soient raccordés en 2005. Tout d'abord, on peut imaginer que cette activité principale appartienne au secteur informel. En même temps, une activité informelle est en théorie moins rémunératrice même si cela reste à vérifier. En tout cas cela peut révéler un coût d'opportunité du temps lié à l'activité élevé, et donc une incitation à être raccordé. Cependant, il faut préciser que dans la littérature, le type d'activité explique rarement la probabilité du raccordement au branchement privé.

5) Le fait d'être propriétaire (soit en tant que descendant soit en payant des traites)

Le fait que le chef de ménage soit propriétaire (soit en tant que descendant soit en payant des traites) a un effet positif sur la probabilité que le ménage soit raccordé au branchement privé. Tout d'abord, ce constat semble logique dans la réalité sénégalaise. En effet lorsqu'un ménage est propriétaire, il est plus incité à supporter le coût initial de raccordement et surtout, il est plus facile pour lui d'obtenir l'autorisation du raccordement par la SDE. Dans la littérature, le statut propriétaire est rarement ressorti significatif dans les déterminants de la demande des ménages qu'elle soit *ex post* ou *ex ante*. On peut simplement citer un résultat, issu des travaux sur les déterminants du consentement à payer des ménages du Népal (Whittington *et alii*, 2002). Les auteurs montrent que les locataires sont moins disposés à rester connectés et ont un plus faible consentement à payer que les propriétaires.

6) La « bonne » opinion des chefs de ménage sur la politique de la SDE en terme de hausse du prix de l'eau aux branchements

Il faut tout d'abord rappeler que suite à la privatisation du secteur opérée en 1996, la SDE a augmenté chaque année le prix de l'eau potable de 3% par an pour enfin atteindre en 2003, le prix

assurant l'équilibre budgétaire du secteur. C'est l'opinion des ménages concernant ces hausses annuelles de prix qui est testée dans le modèle. Le modèle montre qu'un chef de ménage ayant une opinion correcte concernant la hausse des prix a plus de chance d'être raccordé qu'un autre. Indirectement, on imagine que ceci dénote d'une bonne opinion des ménages sur la politique de gestion de l'eau menée par le partenariat public/privé depuis 1996.

La littérature a déjà montré comment l'attitude des ménages envers la politique gouvernementale menée, influence le consentement à payer pour des services améliorés (branchement privé et borne fontaine). Les résultats sont d'ailleurs complexes. La littérature démontre que dans les pays en développement, le sentiment de « droit à l'eau » et à l'« eau gratuite ou subventionnée » est important. Ceci explique le faible consentement à payer des ménages pour des services améliorés d'eau potable qui devraient être fournis par l'État (Whittington *et alii*, 1990 ; Robinson, 1988) même si dans plusieurs cas, les ménages expriment un certain cynisme au sujet de la capacité du gouvernement à fournir ces services (Singh *et alii*, 1993). Mais ce dernier effet n'est pas clair car les travaux réalisés au Sri Lanka dans un contexte de privatisation de la distribution d'eau potable montrent que peu de ménages déclarent se raccorder au réseau si le service amélioré est fourni par le secteur privé, contrairement à un secteur public réformé (Pattanayak *et alii*, 2006).

Mais la significativité de cette variable pourrait aussi capter d'autres explications. Notamment, peut être que le fait d'avoir conscience de la qualité du service d'eau fourni par le branchement (qualité sanitaire, fiabilité et sûreté) justifie le fait d'accepter de supporter la hausse tarifaire. Ainsi, les ménages qui accordent de l'importance à la qualité de l'eau et du service continu ont une bonne opinion sur le politique de la SDE et sont raccordés. En effet, la littérature montre que la qualité de l'eau, la fiabilité et le niveau de service sont des variables qui influencent la probabilité que les ménages consentent à payer pour accéder au branchement privé (Singh *et alii*, 1993 pour l'Inde ; Whittington *et alii*, 2002 pour le Népal ; Ahmad *et alii*, 2006 pour le Bangladesh et Pattanayak *et alii*, 2006 pour le Sri Lanka).

Avec les restrictions sur les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes, nous obtenons dans le second modèle, moins de variables significatives qui expliquent la probabilité qu'un ménage de Dakar soit en 2005 raccordé ou non au branchement privé. Cependant bien qu'on en ait moins, on retrouve le même type de variables significatives qui influencent le choix passé du raccordement. Il convient tout de même de rappeler que les deux modèles reposent sur des bases différentes. En effet, le premier modèle s'appuie sur les données concernant les 187 chefs de ménages tandis que le second modèle ne s'appuie que sur 137 chefs de ménages (propriétaires ou locataires et raccordés depuis 1995).

Les interprétations sur les variables significatives du second modèle restent semblables à celles du premier modèle.

1) Premièrement, il apparaît que le fait d'avoir un bac à laver, des toilettes (chaise anglaise ou turque) et une dalle (comme toit) ont un effet positif sur la probabilité d'être raccordé à un branchement privé. Nous pouvons interpréter cela comme dans le cas du premier modèle : un niveau de richesse (mesurable par l'équipement et la construction de l'habitat) plus élevé accroît la probabilité qu'un ménage soit raccordé au branchement privé.

2) Deuxièmement, le fait d'être locataire a un effet négatif sur la probabilité d'être raccordé à un branchement privé. Dans le premier modèle, c'était le fait d'être propriétaire qui augmentait la probabilité que le ménage soit raccordé. Ici, le fait d'être locataire diminue la probabilité d'être raccordé. Ceci s'explique de la même façon que dans le premier modèle. Un locataire est moins incité à payer le coût initial de raccordement et surtout, il est plus difficile pour un locataire d'obtenir l'autorisation de la SDE puisqu'un titre de propriété est exigé.

Ces deux modèles nous ont permis de mettre en évidence les déterminants de la demande avérée des ménages de Dakar pour le branchement privé. Cependant, l'enquête de 2005 révèle que les bornes fontaines fournissent encore 30,6% de l'approvisionnement en eau total des ménages de Dakar. Ceci montre qu'en dépit de la politique de la SDE très volontariste en termes de raccordements massifs depuis 1996, les bornes fontaines apparaissent être le second mode d'approvisionnement en eau des ménages, juste après le branchement privé. Juste après, puisque l'enquête révèle que les parts respectives du branchement et des bornes fontaines dans l'approvisionnement en eau total des ménages sont extrêmement proches, bien plus proches que le prétendent les rapports issus des études commanditées par le Ministère de l'Hydraulique.

Notre question est de savoir pourquoi les parts du branchement et des bornes fontaines sont-elles encore si proches en 2005 ? Pourquoi le recours aux bornes fontaines est-il encore si fréquent ? Quel type de ménage y s'approvisionne-t-il ? Pour répondre à ces questions, nous proposons de rechercher les déterminants de la demande avérée des ménages pour les bornes fontaines. Le chapitre 4 suivant présente alors deux modèles logit explicatif de la probabilité que les ménages de Dakar utilisent en 2005 les bornes fontaines. Ces deux modèles vont révéler les caractéristiques des ménages utilisateurs des bornes fontaines.

## Chapitre 4

# Un modèle explicatif de la probabilité que les ménages de Dakar utilisent les bornes fontaines (2005)<sup>69</sup>

Parmi les 302 ménages enquêtés, 45,7% déclarent utiliser les bornes fontaines. C'est le deuxième mode d'approvisionnement après le branchement privé : 52,6% des ménages enquêtés sont en effet déjà raccordés au réseau de branchement privé. L'utilisation des bornes fontaines est alors encore très courante en 2005 à Dakar, en particulier dans les quartiers irréguliers. La structure en termes de modes d'approvisionnement en eau potable décrite par l'enquête révèle que les bornes fontaines représentent 30,6% de l'approvisionnement en eau total des ménages de Dakar, juste après le branchement privé qui en représente 35,3%.

Ce constat nous amène à réfléchir sur les déterminants, en 2005, de la demande avérée des ménages de Dakar pour l'approvisionnement en eau aux bornes fontaines. Ce chapitre permet alors de révéler les caractéristiques des ménages qui, en dépit des grands programmes de raccordement au branchement privé menés depuis 1996, continuent à recourir massivement aux bornes fontaines.

Nous présentons dans un premier temps les grandes tendances révélées par les statistiques descriptives sur la consommation d'eau potable des ménages de Dakar aux bornes fontaines. Puis, nous analysons les relations de complémentarité entre les bornes fontaines et les autres sources d'approvisionnement en eau potable (branchement privé, puits, eau de voisinage, charretiers informels). Après avoir présenté les variables explicatives retenues pour l'analyse, nous présentons un premier modèle qui prend en compte l'ensemble des variables liées aux opinions des ménages sur les avantages et inconvénients des bornes fontaines pour ne pas discriminer les deux sous populations (utilisatrices ou non des bornes fontaines). Bien que les résultats de ce

---

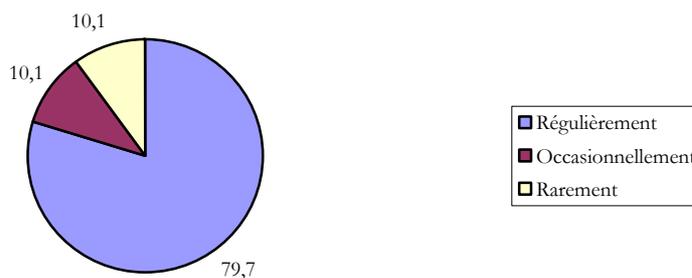
<sup>69</sup> Ce chapitre est issu d'une collaboration avec Muriel Travers (Université de Brest, France).

premier modèle apparaissent très riches et intéressants au regard de la littérature, ils nous interrogent sur l'existence d'éventuels biais d'endogénéité liés à l'introduction de l'ensemble des variables d'opinion des ménages. En effet, nous nous demandons si c'est l'utilisation des bornes fontaines qui forment les opinions des ménages ou si ce sont les opinions des ménages qui conditionnent l'utilisation des bornes fontaines. C'est pourquoi, nous identifions les variables d'opinion qui apparaissent biaisées par le fait que les ménages utilisent les bornes fontaines. Et à partir des variables explicatives restantes, nous présentons un second modèle explicatif de la probabilité que les ménages de Dakar utilisent en 2005 les bornes fontaines. Enfin, nous interprétons et discutons les résultats de ces deux modèles au regard de la littérature.

## Section 1 : Les grandes tendances révélées par l'enquête sur la consommation d'eau des ménages de Dakar aux bornes fontaines (2005)

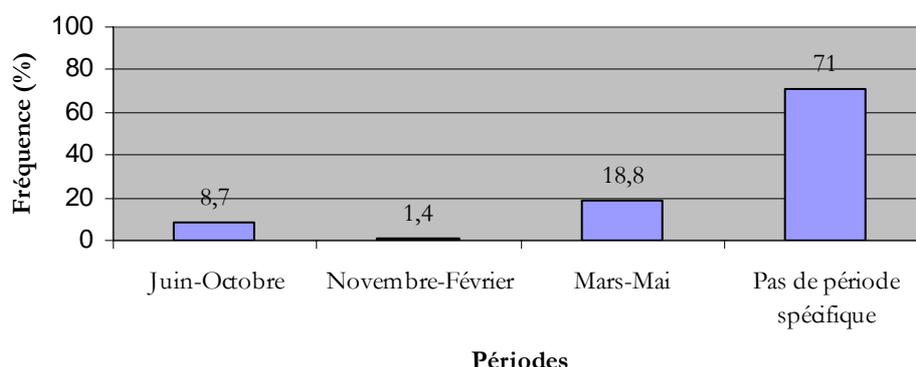
Tout d'abord, il est intéressant de noter que parmi les ménages utilisateurs des bornes fontaines, 79,7% avouent recourir fréquemment à ce mode d'approvisionnement, contre seulement 10,1% occasionnellement et 10,1% rarement (voir graphique 60).

Graphique 60 : Fréquence d'utilisation des bornes fontaines (%)



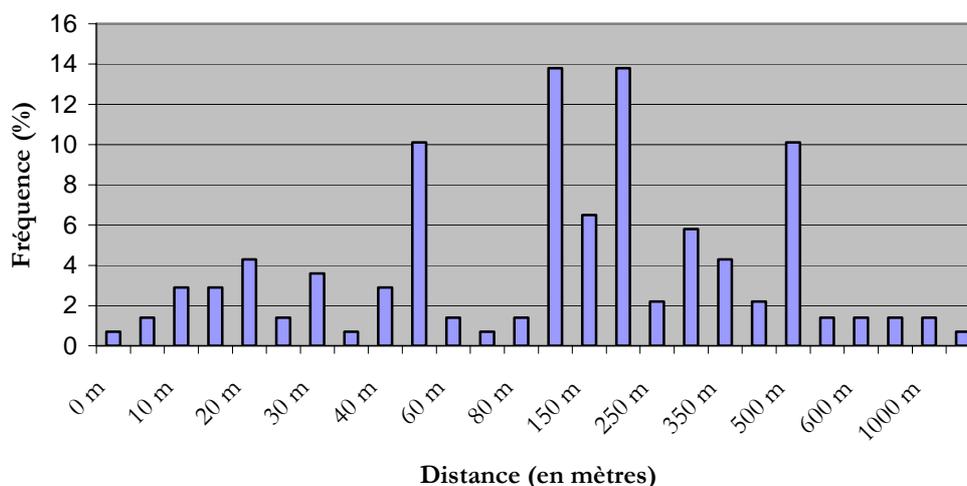
En effet, 71% des ménages utilisateurs consomment l'eau des bornes fontaines toute l'année (pas de période spécifique) contre seulement 18,8% durant la saison sèche (Mars-Mai), 8,7% durant la saison des pluies (Juin-Octobre) et 1,4% durant l'hivernage (Novembre-Février) (voir graphique 61).

**Graphique 61 : Périodes d'utilisation plus intensive de l'eau des bornes fontaines**



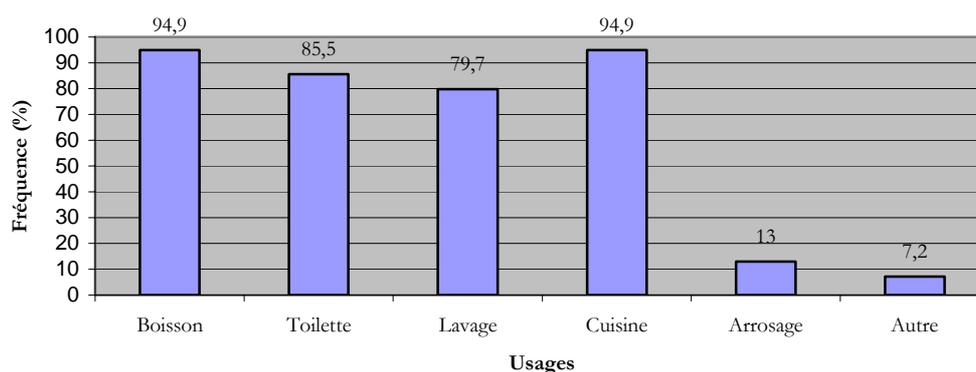
Le recours régulier aux bornes fontaines pourrait s'expliquer par la distance entre celles-ci et les habitations des ménages, même si des disparités existent selon les quartiers (voir graphique 62). Dans 15% des cas, la distance à la borne fontaine approxime 150 mètres ou 250 mètres alors que dans 10% des cas elle approxime 60 mètres ou 500 mètres.

**Graphique 62 : Distance entre l'habitation de l'enquêté et la borne fontaine**



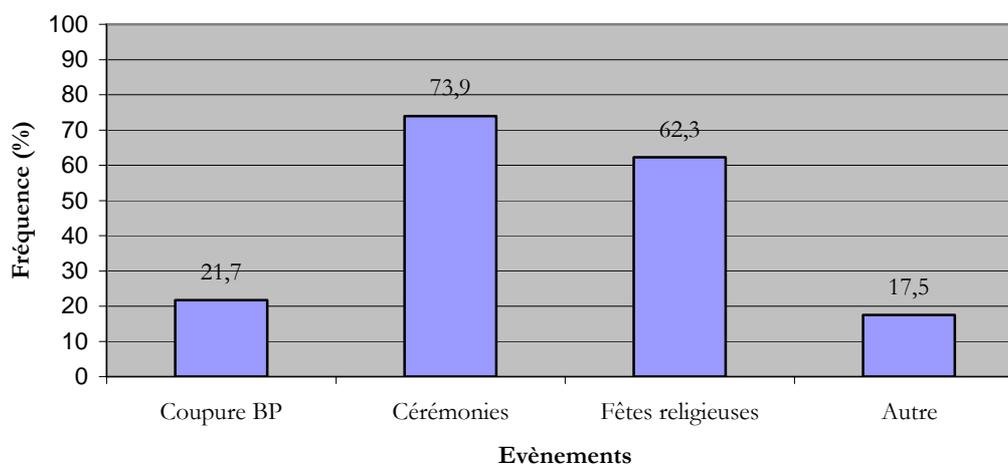
L'enquête révèle aussi que les usages de l'eau des bornes fontaines sont multiples (voir graphique 63). Elle est presque toujours consommée pour la boisson (94,9% des cas) et pour la cuisine (94,9% des cas). Ceci dénote d'une confiance des ménages sur la qualité (potabilité) de l'eau fournie aux bornes. Elle est aussi utilisée pour la toilette (85,5% des cas) et le lavage (79,7% des cas). Cependant, elle est beaucoup plus rarement utilisée pour l'arrosage (13% des cas).

**Graphique 63 : Usages de l'eau collectée par les ménages utilisant les bornes fontaines**



Mais des circonstances particulières peuvent aussi générer un recours plus intensif des ménages à l'eau des bornes fontaines (voir graphique 64). C'est le cas lorsqu'il y a des coupures au branchement privé (21,7% des cas), ou lorsqu'il y a des cérémonies familiales ou des fêtes religieuses (respectivement 73,9% et 62,3% des cas).

**Graphique 64 : Évènements provoquant un usage intensif de l'eau des bornes fontaines**



L'enquête met en évidence que les ménages achètent principalement des bassines d'eau de 30 litres aux bornes fontaines (73,6% des cas). En effet seulement 11,8%, 10,3% et 4,2% y achètent respectivement des seaux de 20 litres, des seaux de 15 litres ou des bassines de 40 litres.

Plus précisément, l'enquête montre que la quantité d'eau quotidienne achetée en moyenne par les ménages utilisateurs des bornes fontaines est de 200 litres environ (voir tableau 38 ci-dessous).

**Tableau 38 : Quantité totale quotidienne d'eau achetée à la borne fontaine (Litres)**

Moyenne	200,5
Médiane	177,5
Mode	90
Ecart-type	148,5

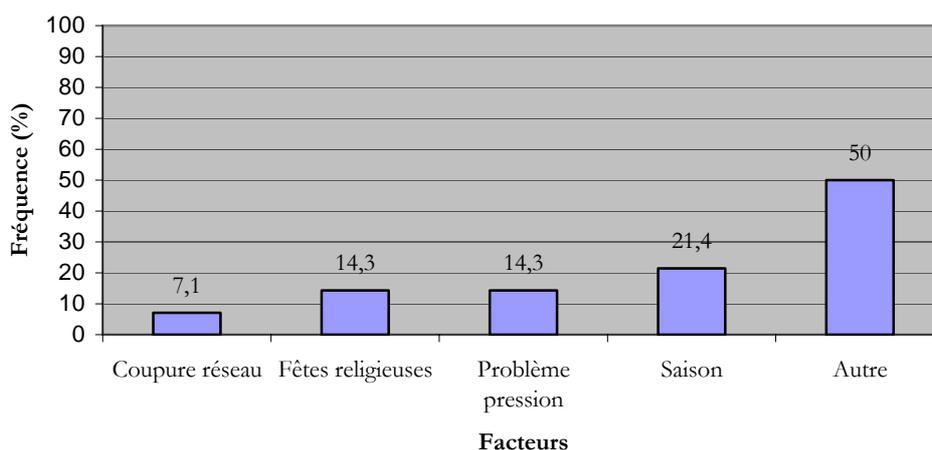
Ce qui représente un coût total quotidien en moyenne de 190 FCFA environ (voir tableau 39 ci-dessous).

**Tableau 39 : Coût total quotidien de l'eau achetée à la borne fontaine (FCFA)**

Moyenne	190,6
Médiane	150
Mode	125
Ecart-type	137,9

Globalement, le prix de l'eau aux bornes fontaines ne varie pas (89,7% des cas). Mais lorsqu'il varie, c'est dans la moitié des cas pour des raisons autres que celles évoquées dans le questionnaire (voir graphique 65). Parmi les raisons de la variation du prix, la saison explique 21,4% des cas et la coupure du réseau en explique seulement 7,1% des cas.

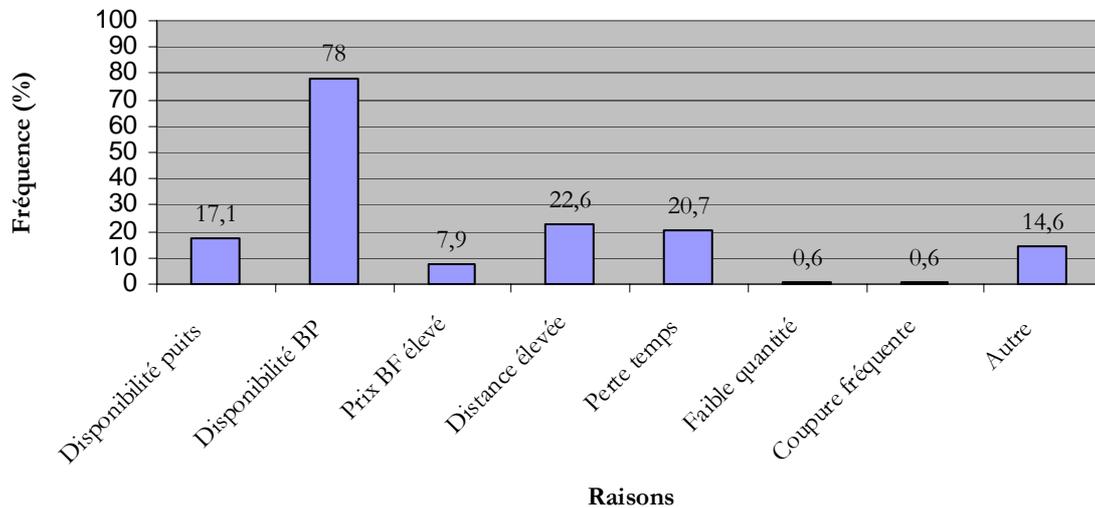
**Graphique 65 : Facteurs de la variation du prix de l'eau à la borne fontaine**



L'enquête révèle aussi les raisons pour lesquelles les ménages n'utilisent pas les bornes fontaines (voir graphique 66). Tout d'abord, la première raison est la disponibilité d'un branchement privé (78% des cas). Et dans 17,1%, c'est parce que le ménage dispose d'un puits. En dehors de ces deux raisons liées à l'existence d'autres sources d'approvisionnement, les deux principales autres

raisons du non recours aux bornes fontaines sont la distance jugée élevée et la perte de temps générée par cette collecte d'eau.

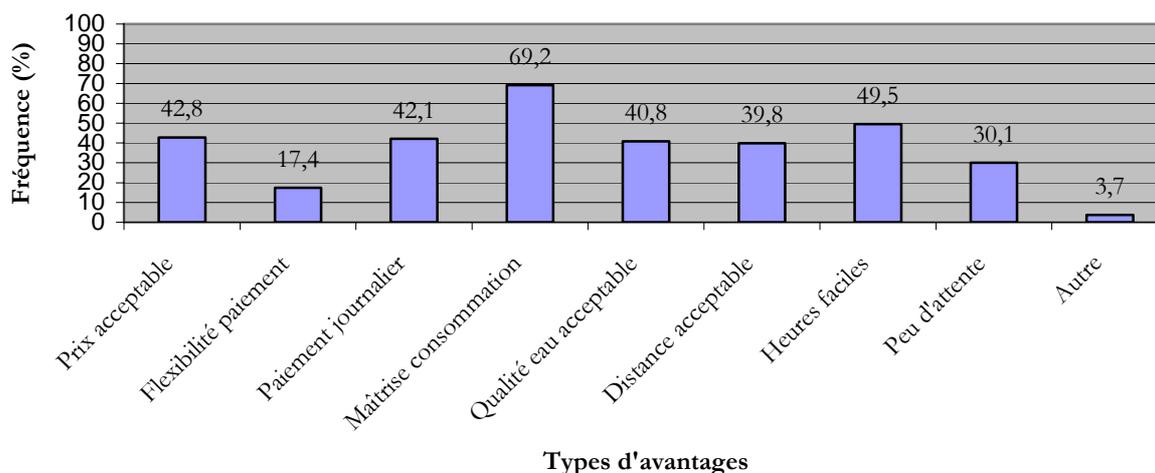
**Graphique 66 : Raisons de la non utilisation de la borne fontaine**



Enfin, l'enquête révèle les opinions des ménages en 2005 sur les modes d'approvisionnement autres que le branchement privé. Tout d'abord, on dispose des opinions concernant les avantages et les inconvénients liés à l'utilisation des bornes fontaines en 2005 (pour plus de détails voir questions 20 et 21 du questionnaire dans l'annexe 2). Ces opinions peuvent positivement ou négativement influencer la probabilité de recourir aux bornes fontaines en 2005.

Parmi la totalité des ménages enquêtés (voir graphique 67), 69,2% considèrent que l'achat quotidien de l'eau à la borne fontaine permet une meilleure maîtrise de la consommation (en terme de volume). 49,5% pensent que les plages horaires d'ouverture des bornes sont faciles. 42,8%, 42,1% et 17,4% des ménages estiment que les bornes fontaines offrent un prix de l'eau acceptable, un paiement journalier appréciable et une flexibilité de paiement. Enfin à côté de ces avantages économiques, 40,8% des ménages y acceptent la qualité de l'eau. 39,8% estiment la distance à parcourir pour l'atteindre acceptable et le temps d'attente à la borne faible (30,1%). Ceci nous amène à penser que la politique volontariste de la SDE en terme d'extension du réseau des bornes fontaines menée depuis 1996, a permis d'améliorer les conditions d'accès des ménages à l'eau *via* cette source.

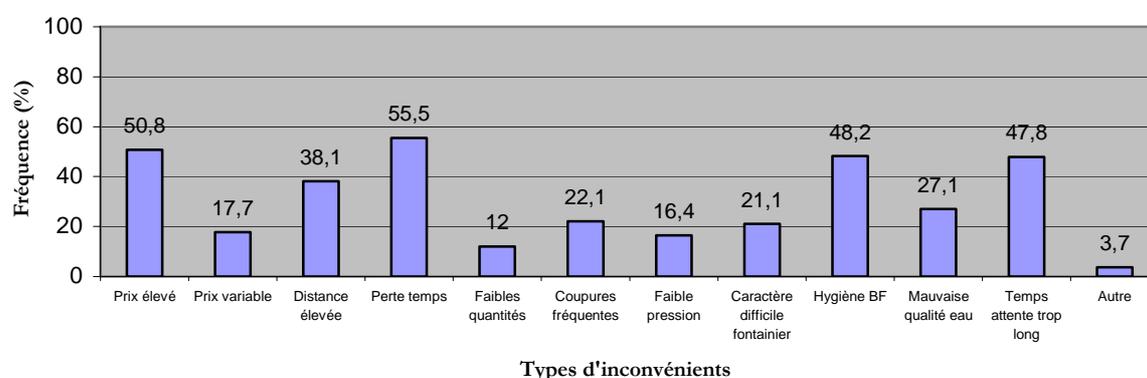
**Graphique 67 : Types d'avantages de la borne fontaine pour les ménages enquêtés**



En revanche, l'enquête de 2005 révèle que malgré les plans d'amélioration des bornes fontaines mis en place depuis la privatisation en 1996, les ménages évoquent encore un certain nombre d'inconvénients liés à l'utilisation des bornes fontaines (voir graphique 68).

Les deux inconvénients majeurs sont la perte de temps et le prix jugé trop élevé. En effet, 55,5% des ménages pensent qu'un approvisionnement en eau aux bornes fontaines est une perte de temps. D'ailleurs 47,8% précisent le temps d'attente aux bornes est trop long. De plus, 50,8% estiment que le prix y est trop élevé. Puis, 48,2% des ménages estiment que l'hygiène des bornes fontaines est aussi un inconvénient. 38,1% pensent que la distance à parcourir pour aller à la borne fontaine est un inconvénient. Enfin, 27,1% et 22,1% estiment que l'eau y est de mauvaise qualité et les coupures fréquentes.

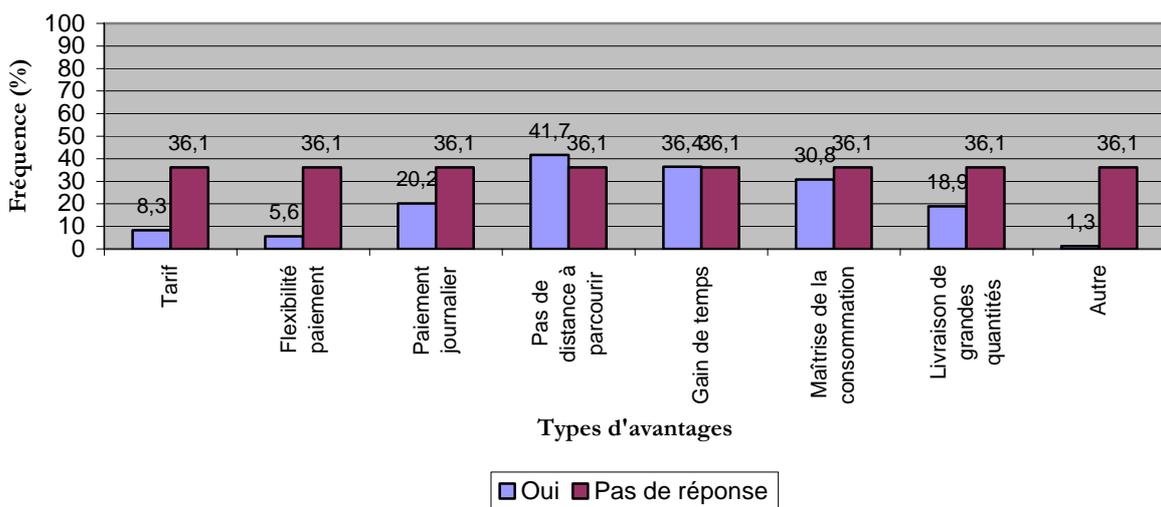
**Graphique 68 : Types d'inconvénients de la borne fontaine pour les ménages enquêtés**



En revanche, on ne dispose pas des avantages et des inconvénients des sources alternatives (opérateurs informels, puits et revente de voisinage) pour l'ensemble des enquêtés<sup>70</sup>. Pourtant, on peut imaginer de prime abord que les avantages et inconvénients de l'approvisionnement en eau aux sources alternatives (revendeurs informels mais aussi puits et voisins) peuvent influencer la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines.

À titre indicatif, parmi les réponses des ménages concernant leur opinion sur les avantages du système de revente à domicile (charretiers et porteurs d'eau), 41,7% pensent que le fait de ne pas avoir de distance à parcourir est un avantage, 36% apprécient le gain de temps généré par ce service à domicile et 30,8% pensent que ce système apporte l'avantage d'une maîtrise de la consommation (voir graphique 69).

**Graphique 69 : Opinions des ménages concernant les avantages du système de revente à domicile (charretiers/porteurs)**



Tout ceci nous amène à s'interroger sur les relations de complémentarité éventuelles entre les diverses sources d'approvisionnement en eau à Dakar en 2005.

<sup>70</sup> Les questions 27 et 28 existent concernant les revendeurs informels mais on observe trop de données manquantes.

## Section 2 : Analyse des relations existantes entre les différents modes d’approvisionnement en eau (2005)

Nous n’avons pas présenté cette analyse dans le cas du branchement privé puisque la décision du raccordement des ménages était antérieure à l’utilisation des différents modes d’approvisionnement en 2005. Par contre, le fait de s’être raccordé dans le passé aurait pu vraisemblablement être lié aux modes d’approvisionnement (et à leurs avantages et inconvénients) au moment de cette décision de raccordement. Compte tenu que nous ne disposions pas de ces informations, cette analyse des relations entre les différents modes d’approvisionnement n’a pu être réalisée dans le cas du modèle explicatif de la probabilité d’être raccordé.

Cependant pour modéliser la probabilité que les ménages de Dakar utilisent ou non les bornes fontaines en 2005, cette analyse apparaît indispensable et réalisable.

Pour comprendre les relations de complémentarité entre l’utilisation des bornes fontaines et des autres modes d’approvisionnement en eau, nous avons construit des tableaux croisés à partir des réponses données à l’utilisation des différents modes d’approvisionnement (question 14<sup>71</sup>) par les 187 chefs de ménages et non pas sur l’ensemble des observations (302).

### 2.1 Analyse de la complémentarité entre l’utilisation des bornes fontaines et l’eau de voisinage (2005)

**Tableau 40 : Complémentarité entre les bornes fontaines et l’eau de voisinage (a) (Effectifs)**

Effectifs	N’utilise pas l’eau de voisinage	Utilise l’eau de voisinage	Total
N’utilise pas les bornes fontaines	84	16	100
Utilise les bornes fontaines	78	9	87
Total	162	25	187

<sup>71</sup> Voir le questionnaire en annexe.

**Tableau 41 : Complémentarité entre les bornes fontaines et l'eau de voisinage (b) (en %)**

Effectifs (%)	N'utilise pas l'eau de voisinage	Utilise l'eau de voisinage	Total
N'utilise pas les bornes fontaines	84,00%	16,00%	100%
Utilise les bornes fontaines	89,70%	10,30%	100%
Total	86,60%	13,40%	100%

Le tableau 40 (qui se lit en colonne) montre que lorsque les ménages n'utilisent pas les bornes fontaines, 16% ont recours aux voisins (par rapport à une moyenne de 13,4%). Par contre le tableau 41 (qui se lit en ligne) montre que lorsque les ménages utilisent les bornes fontaines, 10,3% ont recours à l'eau de voisinage (par rapport à une moyenne de 13,4%). Cette faible différence nous autorise à supposer que le fait d'utiliser les bornes fontaines en 2005 n'influe pas sur le fait d'avoir recours en 2005 à l'eau de voisinage (car les pourcentages sont relativement proches). Ceci semble logique puisqu'on ne décide pas d'avoir un voisin « disponible » ou non : il existe ou pas. On peut donc considérer cette variable comme exogène.

**Tableau 42 : Complémentarité entre les bornes fontaines et l'eau de voisinage (c) (en %)**

Effectifs (%)	N'utilise pas l'eau de voisinage	Utilise l'eau de voisinage	Total
N'utilise pas les bornes fontaines	51,90%	64,00%	53,50%
Utilise les bornes fontaines	48,10%	36,00%	46,50%
Total	100%	100%	100%

Par contre, le tableau 42 (qui se lit en colonne) montre que lorsque les ménages n'ont pas recours à l'eau de voisinage, 48,1% utilisent les bornes fontaines tandis que lorsque les ménages utilisent l'eau de voisinage, 36% d'entre eux seulement utilisent les bornes fontaines.

On peut alors supposer que l'utilisation de l'eau de voisinage fait que les personnes utilisent moins les bornes fontaines. Il aurait été nécessaire d'introduire la variable « avoir un voisin disponible » dans l'explication de l'utilisation de la borne fontaine en 2005, information dont nous ne disposons pas pour les régressions mais qui aurait pu vraisemblablement jouer.

## 2.2 Analyse de la complémentarité entre l'utilisation des bornes fontaines et des charretiers informels (2005)

**Tableau 43 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les charretiers informels (a) (Effectifs)**

Effectifs	N'utilise pas les bornes fontaines	Utilise les bornes fontaines	Total
N'utilise pas les charretiers	97	87	184
Utilise les charretiers	3	0	3
Total	100	87	187

**Tableau 44 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les charretiers informels (b) (en %)**

Effectifs (%)	N'utilise pas les bornes fontaines	Utilise les bornes fontaines	Total
N'utilise pas les charretiers	52,70%	47,30%	100%
Utilise les charretiers	100%	0,00%	100%
Total	53,50%	46,50%	100%

**Tableau 45 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les charretiers informels (c) (en %)**

Effectifs (%)	N'utilise pas les bornes fontaines	Utilise les bornes fontaines	Total
N'utilise pas les charretiers	97,00%	100%	98,40%
Utilise les charretiers	3,00%	0,00%	1,60%
Total	100%	100%	100%

Du fait d'une utilisation peu importante du mode d'approvisionnement « charretier » (3 seulement dans l'enquête de 2005 sur la base utilisée), il serait hasardeux d'en tirer des conclusions sur les relations pouvant exister entre le fait d'avoir recours aux charretiers et le fait d'avoir recours aux bornes fontaines.

Par conséquent, du fait que l'on ne puisse pas connaître les relations entre ces deux modes, on omet celles-ci dans les analyses (et leur modélisation) et en particulier en ce qui concerne l'utilisation des caractéristiques liés au mode d'approvisionnement « charretier », comme variables explicatives du fait d'avoir recours aux bornes fontaines en 2005.

Cette remarque est valable également pour les porteurs d'eau puisque l'utilisation de ce mode n'apparaît pas dans la base étudiée.

### 2.3 Analyse de la complémentarité entre l'utilisation des bornes fontaines et du branchement privé (2005)

**Tableau 46 : Complémentarité entre les bornes fontaines et le branchement privé (a) (Effectifs)**

Effectifs	N'utilise pas les bornes fontaines	Utilise les bornes fontaines	Total
N'utilise pas le branchement privé	21	73	94
Utilise le branchement privé	79	14	93
Total	100	87	187

**Tableau 47 : Complémentarité entre les bornes fontaines et le branchement privé (b) (en %)**

Effectifs (%)	N'utilise pas les bornes fontaines	Utilise les bornes fontaines	Total
N'utilise pas le branchement privé	22,30%	77,70%	100%
Utilise le branchement privé	84,90%	15,10%	100%
Total	53,50%	46,50%	100%

Lorsque les ménages sont raccordés en 2005, 15,1% d'entre eux utilisent aussi les bornes fontaines (par rapport à une moyenne de 46,5%). Par contre, lorsque les ménages ne sont pas raccordés en 2005, 77,7% d'entre eux utilisent les bornes fontaines (par rapport à une moyenne de 46,5%). On peut donc clairement supposer que le fait d'être déjà raccordé au branchement privé en 2005 fait que les personnes utilisent peu les bornes fontaines.

Par conséquent, on peut supposer que ces deux décisions ne sont pas indépendantes et que le fait d'être raccordé au branchement privé en 2005 sera déterminant pour expliquer le fait que les ménages utilisent les bornes fontaines.

Cependant, il est intéressant de remarquer que 15,1% des ménages déjà raccordés utilisent quand même les bornes fontaines, ce qui *a priori* n'est pas totalement logique du fait que le prix de l'eau pratiqué aux bornes est plus élevé que celui au branchement. Alors, peut être que ce phénomène pourrait s'expliquer par le fait que la personne n'utilise plus son branchement privé. Après vérification de la base de données, il s'avère que ce n'est pas le cas.

Le fait que 15,1% des ménages raccordés utilisent aussi l'eau des bornes fontaines pourrait alors s'expliquer par les inconvénients liés à l'utilisation du branchement privé : coupures fréquentes, problèmes de pression (informations dont on dispose uniquement pour les personnes raccordées, cf. question 15f). En effet, les statistiques descriptives montrent que 62% des chefs de ménages raccordés et utilisant ces deux modes d'approvisionnement en 2005 ont répondu qu'ils avaient rencontré des problèmes de coupures alors que ce pourcentage est de seulement 30% pour l'ensemble des ménages raccordés n'utilisant pas de bornes fontaines. Il s'avère également que 62% des chefs de ménages raccordés et utilisant ces deux modes ont répondu qu'ils avaient rencontré des problèmes de pression alors que ce pourcentage est de seulement 25% pour l'ensemble des personnes raccordées n'utilisant pas de bornes fontaines.

Ce constat permet alors de supposer que les bornes fontaines peuvent être utilisées comme complément du branchement privé quand ce dernier pose problème.

## 2.4 Analyse de la complémentarité entre l'utilisation des bornes fontaines et des puits seyaan (2005)

**Tableau 48 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les puits seyaan (a) (Effectifs)**

Effectifs	N'utilise pas les puits seyaan	Utilise les puits seyaan	Total
N'utilise pas les bornes fontaines	71	29	100
Utilise les bornes fontaines	56	31	87
Total	127	60	187

**Tableau 49 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les puits seyaan (b) (en %)**

Effectifs (%)	N'utilise pas les puits seyaan	Utilise les puits seyaan	Total
N'utilise pas les bornes fontaines	71,00%	29,00%	100%
Utilise les bornes fontaines	64,40%	35,60%	100%
Total	67,90%	32,10%	100%

Le tableau 48 montre que lorsque les ménages n'utilisent pas les bornes fontaines alors 29% d'entre eux utilisent les puits seyaan (par rapport à une moyenne de 32,10%). Par contre, le tableau 49 montre que lorsque les ménages utilisent les bornes fontaines, 35,6% d'entre eux utilisent aussi les puits seyaan (par rapport à une moyenne de 32,10%).

On observe ainsi que le fait d'utiliser ou non les bornes fontaines en 2005 a peu d'influence sur le fait d'utiliser les puits en 2005. On peut donc supposer pour la suite des analyses que le fait d'utiliser les bornes fontaines en 2005 n'influe pas sur le fait d'utiliser les puits en 2005 (car les pourcentages sont relativement proches).

**Tableau 50 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les puits seyaan (c) (en %)**

Effectifs (%)	N'utilise pas les puits seyaan	Utilise les puits seyaan	Total
N'utilise pas les bornes fontaines	55,90%	48,30%	53,50%
Utilise les bornes fontaines	44,10%	51,70%	46,50%
Total	100%	100%	100%

Ce tableau 50 (qui se lit en colonne) montre que lorsque les ménages n'utilisent pas les puits seyaan, 44,10% d'entre eux utilisent les bornes fontaines. Lorsque les ménages utilisent les puits seyaan, 51,7% utilisent aussi les bornes fontaines.

On peut également supposer que ces deux décisions sont indépendantes. Par conséquent, compte tenu des remarques faites dans les paragraphes précédents (2.1, 2.2 et 2.3) et de cette indépendance, un modèle logit univarié pour expliquer le fait qu'un ménage de Dakar décide ou non d'utiliser les bornes fontaines comme source d'approvisionnement<sup>72</sup>.

<sup>72</sup> On peut utiliser un modèle logit univarié car les deux décisions (bornes fontaines et puits) sont indépendantes mais aussi parce qu'il n'y a pas de complémentarité avec les autres modes d'approvisionnement (exogénéité du voisin, branchement privé passé comme variable exogène) et enfin, parce que les décisions charretiers/porteurs et bornes fontaines sont indépendantes.

Nous pouvons maintenant présenter les variables explicatives que nous retenons pour l'analyse des déterminants de la probabilité d'utiliser les bornes fontaines à Dakar en 2005.

## **Section 3 : Les variables explicatives retenues pour l'analyse**

En tenant compte de l'ensemble des remarques précédentes, il est nécessaire de définir les variables qui seront retenues pour l'analyse de la probabilité qu'un ménage de Dakar décide en 2005 d'utiliser ou non les bornes fontaines.

Les variables explicatives pouvant expliquer le fait que le chef de ménage n'utilise pas les bornes fontaines comme mode d'approvisionnement sont :

- Le fait d'être déjà raccordé en 2005 (dans ce cas, voir le modèle 2 logit sur la probabilité d'être raccordé) ;
- Les inconvénients actuels de l'approvisionnement auprès des bornes fontaines (il n'y a potentiellement pas de problème de redondance dans le choix des variables explicatives avec le modèle logit sur la probabilité d'être raccordé puisque dans ce dernier, il s'agirait des inconvénients passés de l'approvisionnement auprès des bornes fontaines) ;
- Les caractéristiques des chefs de ménages qui n'ont pas été utilisées pour expliquer le fait d'être raccordé (voir la liste des variables disponibles du modèle 2 logit sur la probabilité d'être raccordé à laquelle on retire les ethnies et le statut dans la concession. En effet, elles ont déjà été utilisées comme proxys de ces variables au moment du raccordement passé et donc, utilisées comme variables explicatives de la probabilité d'être raccordé au branchement privé) ;
- Le quartier. Il faut être vigilant sur le fait que ce dernier peut inclure des caractéristiques qui sont déjà captées par d'autres variables (caractéristiques des habitats, la qualité de l'eau des bornes fontaines, le prix acceptable des bornes fontaines dans ce quartier). Il peut aussi prendre en compte des phénomènes comme le nombre de bornes fontaines dans le quartier (densité du réseau des bornes fontaines), le fait qu'il n'y ait pas de raccordements SDE dans le quartier en 2005 (densité du réseau de raccordements). Par conséquent, cette variable peut être conservée mais elle est à manier avec précaution.

Les variables explicatives pouvant expliquer le fait que le chef de ménage utilise les bornes fontaines comme mode d'approvisionnement sont les suivantes :

- Le fait de ne pas être raccordé en 2005 ;
- Les avantages actuels liés à l'utilisation des bornes fontaines ;
- Les caractéristiques des ménages ;
- Les quartiers.

On n'utilise pas dans cette analyse les caractéristiques des habitats puisque ces dernières ont déjà été utilisées comme proxys pour expliquer le fait qu'un ménage de Dakar soit raccordé en 2005 au branchement privé.

Si on avait pu disposer des données pour l'ensemble de la population étudiée, on aurait pu introduire comme variables explicatives, les inconvénients actuels liés au raccordement (coupures fréquentes, problème de pression). Mais ce n'est pas le cas puisque l'on a ces données que sur la sous population qui est raccordée. Cependant, il est vrai que pour l'ensemble de la population, il existe une question (information) concernant l'opinion des ménages envers la politique menée par la SDE en matière de coût de raccordement mais, cette question (information) semble trop subjective. Plus précisément, cette réponse ne permet pas de réellement mesurer le coût du raccordement (à payer si raccordement) car il est possible que les ménages répondent qu'ils estiment la politique en terme de coût de raccordement mauvaise alors que le coût réel n'est pas élevé et qu'ils décident de se raccorder pour d'autres raisons.

On aurait aussi pu introduire le fait que les ménages ait un voisin prêt ou non à lui fournir de l'eau comme variable explicative mais, nous ne disposons pas de cette information.

On peut également conserver les variables enquêteurs afin de vérifier s'il n'existe pas un biais lié à la manière dont les questions auraient pu être posées par les enquêteurs.

Remarque : Comme dans le cas du modèle 1 logit sur la probabilité d'être raccordé, nous n'avons pris en compte que les données concernant les questions 20 et 21 du questionnaire (voir annexe 2), à savoir les avantages et inconvénients des bornes fontaines. Nous n'avons pas pris en compte les réponses données aux questions 22 et 23. En effet, la question 22 nous semble trop générale (elle n'apporte pas plus d'informations que les questions 20 et 21 qui sont plus précisés. Enfin, nous n'avons pas pris en compte les réponses à la question 23 du questionnaire parce qu'elle porte sur les améliorations futures des bornes fontaines.

## **Section 4 : Un premier modèle sans restriction sur les variables d'opinion des ménages**

Dans ce premier modèle, nous prenons en compte toutes les variables d'opinion de l'ensemble des ménages sur les avantages et inconvénients d'un approvisionnement en eau *via* les bornes fontaines. L'intérêt de cette démarche réside dans le fait qu'elle ne discrimine pas la sous population des ménages utilisateurs des bornes fontaines par rapport aux ménages non utilisateurs. La base de données que nous utilisons comporte les 187 chefs de ménage et l'ensemble des variables explicatives citées ci-dessus.

### **4.1 L'étude des différentes corrélations (de Spearman) entre les variables retenues pour l'analyse**

Nous présentons en annexe 6 l'analyse des corrélations significatives à 1%.

### **4.2 Les résultats économétriques du premier modèle**

Nous utilisons à nouveau (sous SPSS) une méthode ascendante basée sur le rapport de vraisemblance qui permet de sélectionner les variables significatives parmi l'ensemble des variables données. L'ensemble des variables utilisées prend en compte les différentes corrélations citées ci-dessus<sup>73</sup>.

#### **4.2.1 Le test de Hosmer-Lemeshov**

Nous rappelons que si la valeur est faible ( $<0,05$ ), alors le modèle ne donne pas un ajustement correct des données. Puisque cette condition est vérifiée pour l'étape 5, le modèle correspondant à cette étape est conservé (voir tableau 51 ci-dessous).

---

<sup>73</sup> Les variables de référence sont le quartier (Ben Barraque) et le fait que l'activité principale du chef de ménage soit la construction.

**Tableau 51 : Résultats du test de Hosmer-Lemeshov sur les différents modèles possibles**

Etape	Chi-deux	ddl	Significativité
1	0,000	0	-
2	0,665	2	0,717
3	6,594	6	0,360
4	7,867	8	0,447
5	11,914	8	0,155

#### 4.2.2 Le test de significativité des variables explicatives

Nous utilisons, comme dans le chapitre précédent, le test de Wald (SPSS). On observe dans le tableau 52 que toutes les variables explicatives de l'étape 5 sont significatives au seuil de 5% et que la constante est significative au seuil de 10%.

**Tableau 52 : Les variables qui expliquent la probabilité qu'un ménage de Dakar utilise ou non les bornes fontaines en 2005: résultats du modèle 3 logit**

Variabes	B	E.S	Wald	Significativité
Le chef de ménage a été à l'école (V1)	-1,488	0,526	7,989	0,005
Le paiement journalier à la BF est un avantage (V2)	1,337	0,478	7,836	0,005
Les heures d'ouverture à la BF sont un avantage (V3)	2,174	0,509	18,281	0,000
La distance élevée à la BF est un inconvénient (V4)	-1,602	0,537	8,888	0,003
Le chef de ménage est raccordé au BP (V5)	-3,388	0,547	38,330	0,000
Constante	0,959	0,551	3,026	0,082

#### 4.2.3 Les corrélations des variables explicatives significatives à 5%

Le tableau 53 montre que les variables explicatives significatives issues du modèle ne pas corrélées.

**Tableau 53 : Corrélations des variables explicatives du modèle 3 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar (2005)**

	V5	V1	V2	V3	V4
V5	1,000	0,303	-0,162	-0,240	-0,180
V1	0,303	1,000	-0,59	0,028	-0,130
V2	-0,162	-0,059	1,000	0,251	0,105
V3	-0,240	0,028	0,251	1,000	-0,026
V4	-0,180	-0,130	0,105	-0,026	1,000

#### 4.2.4 Les conclusions du premier modèle

Le modèle 3 logit (sans restriction sur les variables explicatives d'opinion des ménages) montre qu'il existe cinq déterminants de la demande avérée des ménages de Dakar pour les bornes fontaines en 2005 :

- 1) Le fait que le chef de ménage soit allé à l'école diminue la probabilité qu'il utilise les bornes fontaines.
- 2) Le fait que le chef de ménage considère qu'un paiement journalier de l'eau aux bornes fontaines soit un avantage augmente la probabilité qu'il recourt aux bornes fontaines.
- 3) Le fait que le chef de ménage considère que les heures d'ouverture faciles aux bornes fontaines soit un avantage augmente la probabilité qu'il utilise les bornes fontaines.
- 4) Le fait que les chefs de ménages considèrent la distance à la borne fontaine élevée diminue la probabilité qu'ils recourent aux bornes fontaines.
- 5) Enfin le fait que le chef de ménage soit raccordé à un branchement privé diminue la probabilité qu'il utilise les bornes fontaines.

À nouveau, nous calculons pour chaque variable explicative, l'exponentiel du coefficient estimé afin de mesurer la contribution de chacune d'elle à l'explication du modèle (voir tableau 54).

**Tableau 54 : Exponentiel des coefficients estimés des variables explicatives du modèle 3 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar en 2005**

	Exp (B)
Ecole	0,226
Paiement journalier à la BF (avantage)	3,806
Heures d'ouverture faciles à la BF (avantage)	8,796
Distance à la BF élevée (Inconvénient)	0,201
Raccordement branchement privé	0,034
Constante	2,608

Il apparaît que les deux phénomènes qui contribuent le plus à expliquer la probabilité qu'un chef de ménage de Dakar utilise en 2005 les bornes fontaines sont le fait de considérer le paiement

journalier de l'eau à la borne fontaine et les heures d'ouverture faciles comme des avantages. Le fait d'être raccordé au branchement privé est la variable qui contribue le moins à expliquer la probabilité d'utiliser les bornes fontaines.

#### 4.2.5 Qualité de l'ajustement global du premier modèle

À nouveau, nous calculons le  $R^2_{\text{MacFadden}}$  pour mesurer la qualité de l'ajustement global du modèle. Le résultat donné dans le tableau 55 montre que la qualité de l'ajustement global du premier modèle est bonne.

**Tableau 55 : Mesure de la qualité de l'ajustement du modèle 3 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar (2005)**

	$R^2$ de Mac Fadden
Modèle 3 logit	0,51

#### 4.2.6 Analyse des prévisions du premier modèle

Nous complétons, comme dans le chapitre précédent, l'analyse de la qualité de l'ajustement du modèle par une analyse de la performance du modèle en terme de prévision. Pour cela, nous calculons le % de prédictions correctes réalisées à partir du modèle choisi (voir tableau 56).

**Tableau 56 : Prédiction du modèle 3 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar (2005)**

Observé		Prévu		
		Borne fontaine		Pourcentage correct
		Non (0)	Oui (1)	
Borne fontaine	Non (0)	85	12	87,6
	Oui (1)	17	69	80,2
Pourcentage global				84,2

Les résultats en terme de prédiction obtenus à partir du modèle sélectionné sont bons. En moyenne, 84,2% des prévisions sont correctes : 87,6% dans le cas des 0 (ne pas utiliser les bornes fontaines) et 80,2% dans les cas 1 (utiliser les bornes fontaines).

Ce premier modèle aboutit à des conclusions très intéressantes avec de nombreuses variables explicatives de la probabilité d'utiliser les bornes fontaines à Dakar en 2005 (nous discuterons des interprétations des résultats de ce premier modèle au regard de la littérature, à la fin du chapitre, en conclusion). Notamment, ce modèle fait ressortir que les opinions des ménages sur les avantages (paiement de l'eau journalier, heures d'ouverture faciles) et les inconvénients des bornes fontaines (distance élevée) influencent le choix de recourir ou non à ce mode d'approvisionnement.

Ceci nous amène à nous interroger sur l'existence d'éventuels biais d'endogénéité dans ce premier modèle. En effet, la question que l'on cherche à expliquer est : « Utilisez-vous les bornes fontaines ? » et non « Utiliseriez-vous les bornes fontaines ? ». Dans ce cas, il est probable que les variables d'opinions des ménages sur les avantages et inconvénients des bornes fontaines soient liées au fait qu'ils utilisent déjà les bornes fontaines. En fait, nous interrogeons sur le sens de causalité. Est-ce que ce sont les opinions des ménages qui font qu'ils utilisent les bornes fontaines ou est-ce que l'utilisation des bornes fontaines génère ces opinions ? Dans ce dernier cas, la variable à expliquer influence les variables explicatives, d'où le soupçon de biais d'endogénéité : les variables explicatives subiraient le même aléa que la variable expliquée.

C'est pourquoi, après avoir montré que certaines opinions étaient biaisées par le fait que les ménages utilisent les bornes fontaines, nous choisissons de les éliminer. Puis, nous présentons un second modèle qui ne retient que les variables d'opinion apparues non biaisées.

## **Section 5 : Un second modèle avec restriction sur les variables d'opinion des ménages**

Nous recherchons s'il existe d'éventuels biais dans les réponses données par rapport aux avantages et aux inconvénients de la borne fontaine, biais qui pourraient exister lorsque les ménages utilisent déjà les bornes fontaines.

## 5.1 Recherche d'éventuels biais dans les réponses sur les opinions des ménages

Pour détecter les éventuels biais existants dans certaines réponses des ménages, biais liés au fait qu'ils utilisent les bornes fontaines, la méthodologie que nous employons est la suivante. Nous comparons, les opinions des ménages des deux sous populations (utilisatrices ou non des bornes fontaines). Plus précisément, nous comparons les fréquences des réponses positives sur chaque avantage ou inconvénient des bornes fontaines, des deux sous populations. Si les fréquences des réponses sont proches, alors nous considérons que les réponses ne sont pas biaisées et donc, nous décidons de conserver ces variables d'opinion. Si elles diffèrent entre les deux sous populations, alors nous considérons que les réponses sont biaisées par le fait qu'elles utilisent ou non les bornes fontaines et donc, nous éliminons ces variables d'opinion.

À partir de cette méthode, nous identifions ci-dessous les variables liées d'une part, aux avantages et d'autre part, aux inconvénients des bornes fontaines, qui sont éliminées et retenues pour le second modèle.

### 5.1.1 Les variables d'opinion concernant les avantages des bornes fontaines

Nous illustrons à partir du tableau 57, la démarche menée qui aboutit à l'élimination de la première variable avantage des bornes fontaines du questionnaire. La première variable avantage est la suivante : « prix de l'eau aux bornes fontaines acceptable ».

**Tableau 57 : Opinion des ménages sur l'avantage "prix de l'eau aux bornes fontaines acceptable"**

Effectif	Prix de l'eau aux bornes fontaines acceptable		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	63	34	97
Utilise la borne fontaine	42	45	87
Total	105	79	184

À partir des données du tableau 57, nous calculons les fréquences des réponses positives des deux sous échantillons (utilise ou non les bornes fontaines). Il s'en suit que les chefs de ménages déclarent plus souvent que le prix de l'eau est un avantage des bornes fontaines lorsqu'ils utilisent ces dernières ( $45/87*100=52\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $34/97*100=35\%$ ). Les fréquences étant relativement différentes (52% contre 35%), on peut supposer que cette

information est biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Par conséquent, nous décidons d'éliminer cette variable d'opinion pour le second modèle.

Nous dupliquons cette méthodologie pour chaque variable avantage des bornes fontaines. Tous les tableaux présentant les opinions des ménages sur chacun des avantages, ainsi que les calculs de fréquences, sont présentés en annexe 7. Nous résumons ici simplement les résultats.

Il apparaît que toutes les variables d'opinion des ménages relatives aux avantages des bornes fontaines sont biaisées puisque :

- 1) Les chefs de ménage déclarent plus souvent que « la flexibilité du mode de paiement à la borne fontaine » est un avantage lorsqu'ils l'utilisent (24,1%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (9,3%).
- 2) Les chefs de ménages déclarent plus souvent que « le paiement journalier de l'eau à la borne fontaine » est un avantage lorsqu'ils l'utilisent (67,9%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (37,1%).
- 3) Les chefs de ménage déclarent plus souvent que « la maîtrise de la consommation de l'eau à la borne fontaine » est un avantage lorsqu'ils l'utilisent (82%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (65,9%).
- 4) Les chefs de ménage déclarent plus souvent que « la qualité de l'eau acceptable à la borne fontaine » est un avantage lorsqu'ils l'utilisent (57,7%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (35,1%).
- 5) Les chefs de ménage déclarent plus souvent que « la distance acceptable à la borne fontaine » est un avantage lorsqu'ils l'utilisent (46%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (19,6%).
- 6) Les chefs de ménage déclarent plus souvent que « les heures d'ouverture faciles à la borne fontaine » sont un avantage lorsqu'ils l'utilisent (72,4%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (27,9%).
- 7) Enfin les chefs de ménage déclarent plus souvent qu'il y a « peu d'attente à la borne fontaine » lorsqu'ils l'utilisent (41,2%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (24,7%).

Par conséquent, toutes les variables d'opinion relatives aux avantages des bornes fontaines, étant biaisées par le fait que les ménages les utilisent, sont éliminées pour le second modèle. Ce soupçon de biais (d'endogénéité) vient du fait que ces variables sont « subjectives ». Ce problème

n'aurait pas existé si on avait disposé de variables « réelles », tel qu'une mesure du temps d'attente, le prix réel, etc. Mais le questionnaire ne nous permet pas de lever le problème en remplaçant ces variables subjectives par des variables instrumentales.

### 5.1.2 Les variables d'opinion concernant les inconvénients des bornes fontaines

Nous appliquons la même méthodologie sur les variables d'opinion relatives aux inconvénients des bornes fontaines, à savoir comparer les fréquences des réponses positives des deux sous populations (voir annexe 7 pour tous les tableaux et les calculs).

Nous détectons cinq variables biaisées que nous choisissons d'éliminer pour le second modèle. En effet, il apparaît que :

- 1) Les chefs de ménage déclarent plus souvent que « le prix de l'eau élevé à la borne fontaine » est un inconvénient lorsqu'ils l'utilisent (59,8%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (48,5%).
- 2) Les chefs de ménage déclarent plus souvent que « les faibles quantités d'eau à la borne fontaine » sont un inconvénient lorsqu'ils l'utilisent (20,1%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (3%).
- 3) Les chefs de ménage déclarent plus souvent que « les coupures d'eau fréquentes à la borne » sont un inconvénient lorsqu'ils l'utilisent (32,2%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (8,2%).
- 4) Les chefs de ménage déclarent plus souvent que « les problèmes de pression à la borne fontaine » sont un inconvénient lorsqu'ils l'utilisent (20,7%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (10,3%).
- 5) Enfin les chefs de ménage déclarent plus souvent que « le long temps d'attente à la borne fontaine » est un inconvénient lorsqu'ils l'utilisent (54%) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas (42,2%).

En revanche, nous retenons six variables d'opinion relatives aux inconvénients des bornes fontaines qui n'apparaissent pas biaisées. En effet, on observe que pour ces six variables, les fréquences des réponses des deux sous populations sont relativement proches. En effet :

- 1) 16,1% des chefs de ménage utilisateurs de la borne fontaine considèrent que « le prix variable de l'eau à la borne fontaine » est un inconvénient contre 17,5% pour les non utilisateurs.
- 2) 37,9% des chefs de ménage utilisateurs considèrent que « la distance à la borne fontaine élevée » est un inconvénient contre 44,3% pour les non utilisateurs.
- 3) 57,5% des chefs de ménage utilisateurs considèrent que « la perte de temps à la borne fontaine » est un inconvénient contre 55,6% pour les non utilisateurs.
- 4) 21,8% des chefs de ménage utilisateurs considèrent que « le caractère difficile du fontainier » est un inconvénient contre 17,5% pour les non utilisateurs.
- 5) 44,8% des chefs de ménage utilisateurs considèrent que « l'hygiène et l'environnement de la borne fontaine » est un inconvénient contre 48,4% pour les non utilisateurs.
- 6) Enfin 31% des chefs de ménage utilisateurs considèrent que « la mauvaise qualité de l'eau à la borne fontaine » est un inconvénient contre 24,5% pour les non utilisateurs.

En conclusion, parmi l'ensemble des variables d'opinion des ménages, nous ne retenons que les six variables relatives aux inconvénients des bornes fontaines, présentées ci-dessus. Toutes les autres variables relatives aux autres inconvénients et à tous les avantages sont éliminées dans le second modèle. Ceci permet d'évacuer les variables qui potentiellement peuvent créer un biais d'endogénéité.

Nous pouvons maintenant présenter les résultats économétriques du second modèle. La base de données que nous utilisons est toujours celle qui comporte les 187 chefs de ménage. Ce second modèle teste l'ensemble des variables explicatives restantes suite au rejet des variables d'opinion des ménages sur les avantages et inconvénients des bornes fontaines, identifiées comme étant biaisées.

## **5.2 L'étude des différentes corrélations (de Spearman) entre les variables retenues pour l'analyse**

Nous présentons les corrélations significatives à 1% en annexe 8.

## 5.3 Les résultats économétriques du second modèle avec restriction sur les variables d'opinion

Nous utilisons à nouveau (sous le logiciel SPSS) la méthode ascendante basée sur le rapport de vraisemblance qui permet de sélectionner les variables significatives parmi l'ensemble des variables données. L'ensemble des variables utilisées prend en compte les différentes corrélations citées ci-dessus<sup>74</sup>.

### 5.3.1 Le test de Hosmer-Lemeshov

L'étape 4 ne répondant pas à la condition des 5%, nous retenons l'étape 3 (0,575) (voir tableau 58).

**Tableau 58 : Résultats du test de Hosmer-Lemeshov sur les différents modèles possibles**

Etape	Chi-deux	Ddl	Significativité
1	0,000	0	-
2	1,594	2	0,451
3	2,897	4	0,575
4	13,346	5	0,020

### 5.3.2 Le test de significativité des variables explicatives du second modèle

Toutes les variables explicatives de l'étape 3 sont significatives au seuil de 5% (voir tableau 59).

**Tableau 59 : Les variables qui expliquent la probabilité qu'un ménage de Dakar utilise ou non les bornes fontaines: résultats du modèle 4 logit**

Variabes	B	E.S	Wald	Significativité
Raccordement au branchement privé	-3,632	0,500	52,727	0,000
Quartier Hamdalaye 1	1,683	0,651	6,696	0,010
Distance à la borne fontaine élevée	-1,528	0,481	10,077	0,002
Constante	2,013	0,431	21,776	0,000

<sup>74</sup> Les variables de référence sont le quartier 1 (Ben barraque) et le fait que l'activité principale du chef de ménage soit la construction.

### 5.3.3 Les corrélations des variables explicatives significatives à 5% du second modèle

Le tableau 60 montre que les variables explicatives significatives ne sont pas corrélées.

**Tableau 60 : Corrélations des variables explicatives du modèle 4 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar en 2005**

	Quartier Hamdalaye 1	Raccordement BP <sup>75</sup>	Distance élevée
Quartier Hamdalaye 1	1,000	-0,028	0,075
Raccordement BP	-0,028	1,000	-0,180
Distance élevée	0,075	-0,180	1,000

### 5.3.4 Les conclusions du second modèle

Le second modèle montre que trois variables significatives expliquent la probabilité que les ménages de Dakar utilisent ou non en 2005 les bornes fontaines. Il existe donc trois déterminants de la demande des ménages pour les bornes fontaines :

- 1) Le fait qu'un chef de ménage à Dakar soit déjà raccordé à un branchement privé diminue la probabilité qu'il utilise les bornes fontaines.
- 2) Le fait d'habiter dans le quartier de Hamdalaye 1 (quartier 5) augmente la probabilité d'utiliser les bornes fontaines.
- 3) Le fait que les chefs de ménages jugent que la distance aux bornes fontaines (mesure subjective de la distance réelle) est élevée diminue la probabilité qu'ils utilisent les bornes fontaines.

Enfin, il apparaît que les autres variables retenues dans l'analyse ne sont pas significatives au seuil de 5%. C'est par exemple le cas de l'alphabétisation, de la taille du ménage, etc.

---

<sup>75</sup> BP : Branchement privé

À nouveau, nous mesurerons la contribution de chaque variable explicative à l'explication globale du second modèle en calculant l'exponentiel des coefficients estimés des variables explicatives (voir tableau 61).

**Tableau 61 : Exponentiel des coefficients estimés des variables explicatives du modèle 4 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar en 2005**

	Exp(B)
Raccordement branchement privé	0,026
Quartier Hamdalaye 1	5,384
Distance à la borne fontaine élevée	0,217
Constante	7,485

Il apparaît que la variable contribuant le plus à expliquer la probabilité qu'un chef de ménage de Dakar utilise en 2005 les bornes fontaines est le fait que celui-ci habite Hamdalaye 1, suivi par le fait d'être déjà raccordé à un branchement privé puis, par le fait de juger élevée la distance à la borne fontaine.

### 5.3.5 Qualité de l'ajustement global du second modèle

Nous calculons le  $R^2_{\text{MacFadden}}$ . Le résultat présenté dans le tableau 62 montre que la qualité de l'ajustement global du second modèle est correcte.

**Tableau 62 : Mesure de la qualité de l'ajustement du modèle 4 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar en 2005**

	R <sup>2</sup> de Mac Fadden
Modèle 4 logit	0,38

### 5.3.6 Analyse des prévisions du second modèle

Enfin nous complétons l'analyse de la qualité de l'ajustement du second modèle par une analyse de la performance du modèle en terme de prévision (voir tableau 63).

**Tableau 63 : Prédiction du modèle 4 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar en 2005**

Observé		Prévu		
		Borne fontaine		Pourcentage correct
		Non (0)	Oui (1)	
Borne fontaine	Non (0)	74	23	76,3
	Oui (1)	12	74	86,0
Pourcentage global				80,9

Les résultats en terme de prédiction obtenus à partir du second modèle sélectionné sont bons : 80,9% en moyenne des prévisions sont correctes. Plus précisément, 76,3% dans le cas des non utilisations des bornes fontaines en 2005 et 86% dans le cas des utilisations des bornes fontaines en 2005.

## **Conclusion : Comparaison et interprétation des résultats des deux modèles au regard de la littérature**

Le second modèle montre qu'il existe trois variables significatives qui expliquent en 2005 l'utilisation ou non par les ménages de Dakar des bornes fontaines.

Premièrement, il apparaît que le fait qu'un chef de ménage à Dakar soit déjà raccordé à un branchement privé en 2005 a un effet négatif sur la probabilité qu'il utilise les bornes fontaines. Rappelons que la probabilité qu'un chef de ménage de Dakar soit en 2005 raccordé au branchement privé (voir modèle 2 logit sur la probabilité du raccordement à un branchement privé avéré des ménages de Dakar en 2005, chapitre précédent) dépend positivement de deux facteurs (le fait d'avoir un bac à laver et des toilettes (chaise) et, le fait que le toit de l'habitat soit une dalle) et, dépend négativement du fait que le chef de ménage soit locataire. Ceci signifie que les ménages dont les caractéristiques de l'équipement et de la construction de l'habitat diffèrent de celles décrites ci-dessus ont une probabilité plus élevée d'utiliser les bornes fontaines compte tenu d'un niveau de richesse plus faible. De même, les ménages locataires ont une probabilité plus forte d'utiliser les bornes fontaines. Notons que ce résultat confirme les hypothèses que nous avons émises dans la section 2 de ce chapitre sur l'analyse des interactions entre les différents modes. En effet, nous avons montré que lorsque les ménages n'étaient pas raccordés, 77,7% d'entre eux utilisaient les bornes fontaines tandis que les 15,1% seulement des ménages raccordés utilisaient les bornes fontaines en complément.

Deuxièmement, il semble que le fait d'habiter dans le quartier de Hamdalaye 1 (quartier 5) a un effet positif sur la probabilité d'utiliser les bornes fontaines en 2005. En effet, cette variable pourrait capter des caractéristiques particulières de ce quartier (qualité de l'eau à la borne fontaine différente, densité du réseau des bornes fontaines, prix différents, peu d'attente<sup>76</sup>, etc). Cependant, nous ne disposons pas de données objectives dans le questionnaire sur ces variables. Il faut plutôt se renseigner sur les caractéristiques de ce quartier en terme de réseau de distribution d'eau potable. Ce que nous savons est que ce quartier appartient à Pikine, une zone péri-urbaine « irrégulière », dans lequel le réseau des bornes fontaines est relativement abondant. En effet, comme les habitats sont irréguliers, il est difficile pour les ménages de demander une autorisation auprès de la SDE de raccordement puisqu'ils ne disposent pas de certificat de propriété. Ce sont des habitats « spontanés ». De ce fait, il est plus difficile de mener dans ce quartier une politique volontariste de branchements sociaux. En contrepartie, la SDE y a développé un réseau relativement dense de bornes fontaines. Notre enquête révèle que 56% des ménages de ce quartier recourent aux bornes fontaines tandis que 44,1% sont branchés au réseau. Le fait d'habiter dans ce quartier augmente la probabilité que les ménages utilisent les bornes fontaines.

Troisièmement, le fait que les chefs de ménages jugent que la distance aux bornes fontaines (mesure subjective de la distance réelle) est élevée a un impact négatif sur la probabilité qu'ils utilisent les bornes fontaines en 2005. Ce résultat est cohérent au regard de la littérature. Cette dernière s'est beaucoup développée au sujet de la question du temps nécessaire à la collecte d'eau, temps lié à la distance de la source d'approvisionnement. Il semble que les ménages qui vont s'approvisionner aux points d'eau collectifs (comme les bornes fontaines) supportent un coût de transport lié à la distance et donc, au temps de transport. Au Kenya et au Nigéria, le temps de collecte de l'eau diminue la probabilité que les ménages utilisent les bornes fontaines (Whittington *et alii*, 1990 et 1991). On peut alors imaginer que dans le cas du Sénégal, notre modèle montre que lorsque la distance à la borne fontaine est jugée élevée, alors le temps nécessaire à l'approvisionnement en eau est aussi jugé élevé, ce qui désincite les ménages à utiliser ce mode d'approvisionnement. Pour l'étude réalisée au sud d'Haïti, les auteurs avaient calculé à partir d'une carte des villages, la distance réelle de chaque ménage à sa source traditionnelle. Cette distance servait de mesure du coût d'approvisionnement en eau à la source traditionnelle et donc du prix du substitut de l'eau au service amélioré (Whittington *et alii*, 1990). Ainsi, la distance à la

---

<sup>76</sup> Les statistiques descriptives montrent que dans ce quartier, contrairement aux autres, le pourcentage de personnes pensant qu'il y a peu d'attente aux bornes est équivalent à ceux qui pensent le contraire. Mais le problème est que cette variable est biaisée. Il est donc difficile de baser les interprétations des résultats sur cette variable.

source traditionnelle augmentait la probabilité qu'un ménage consente à payer pour un branchement privé ou un accès à la borne fontaine. En effet, la distance désincitait les ménages à continuer d'utiliser leur source traditionnelle. Ces études montrent que la distance intervient dans le coût d'accès de l'approvisionnement en eau.

Dans le premier modèle (sans restriction sur les variables explicatives d'opinion des ménages relatives aux avantages et inconvénients des bornes fontaines), en dehors du fait d'habiter dans le quartier Hamdalaye 1, on retrouve les mêmes variables significatives que celles du second modèle (raccordement au branchement privé et distance). Mais deux nouvelles variables relatives aux opinions des ménages expliquent aussi la probabilité que ceux-ci utilisent les bornes fontaines.

Tout d'abord, les ménages de Dakar qui considèrent que l'achat d'eau quotidien à la borne fontaine est un avantage, ont une probabilité plus forte de recourir à ce mode d'approvisionnement. Ce résultat est extrêmement intéressant pour deux raisons :

- 1) Tout d'abord, parce qu'il est « économétrique ». En effet, les enquêtes réalisées en Afrique de l'Ouest par Hydroconseil (1998) avaient déjà révélé, sans le démontrer économétriquement, que les bornes fontaines étaient une source d'approvisionnement très appréciées des ménages relativement « pauvres », qui préféraient payer l'eau au jour le jour en fonction de leur revenu quotidien. En effet, ces ménages se considèrent souvent dans l'incapacité de faire face à une facture bimensuelle d'eau au branchement privé compte tenu de la forte incertitude liée à l'irrégularité de leur revenu. Notre premier modèle montre, pour la première fois dans la littérature économétrique, que cette préférence pour un achat d'eau quotidien est une variable significative qui explique la probabilité que les ménages recourent aux bornes fontaines.
- 2) Ce résultat est aussi intéressant du point de vue de la réalité dakaroise. En effet, il montre comme nous l'avons largement constaté à Dakar, qu'une grande majorité de la population est « pauvre » et survit au jour le jour avec ses revenus issus du secteur informel très actif. Ce constat de terrain nous conforte dans l'idée qu'il est très difficile pour cette population de s'engager dans des dépenses bimensuelles. Ces ménages ont une vision très courttermiste de survie qui justifie leur taux de préférence pour le présent très élevé.

Le second avantage des bornes fontaines, qui augmente la probabilité que les ménages les utilisent, concerne les « heures d'ouverture jugées faciles ». Ce résultat est intéressant car il montre que la politique menée par la SDE depuis 1996, qui consiste à améliorer la qualité du service aux

bornes fontaines, est appréciée par les ménages. En effet, « les heures d'ouverture faciles » facilitent l'accès des ménages qui y voient une certaine qualité de service. La littérature avait montré de façon plus générale que les ménages avaient un consentement plus élevé pour le branchement privé que pour les bornes fontaines (Whittington, Lauria, 1991 pour le Nigéria). Au Brésil et en Inde, les ménages ne manifestaient aucun enthousiasme pour les bornes fontaines mais acceptaient de payer pour des branchements individuels (Briscoe *et alii*, 1990 ; Singh *et alii*, 1993). Notre premier modèle montre qu'en 2005 à Dakar, la qualité du service des bornes fontaines à travers « ces heures d'ouverture faciles » augmente la probabilité que les ménages utilisent les bornes fontaines.

Enfin, le fait que le chef de ménage soit allé à l'école diminue la probabilité qu'il recourt à la borne fontaine. La littérature a mis en évidence que le niveau d'éducation du chef de ménage fait que ce dernier est plus conscient des bénéfices sanitaires liés à la consommation d'eau potable aux services améliorés. Au Nigeria, le niveau d'étude accroît la probabilité de recourir aux bornes fontaines (Whittington, Lauria, 1991). Au sud d'Haïti, il a aussi été montré que le niveau d'éducation augmentait la probabilité que les ménages consentent à payer pour un approvisionnement en eau aux bornes fontaines (Whittington *et alii*, 1990).

## **Conclusion de la partie enquête eau Dakar (2005)**

À l'issue des deux derniers chapitres, nous avons révélé quelles étaient les caractéristiques des ménages raccordés au branchement privé, et, celles des ménages utilisateurs des bornes fontaines à Dakar, en 2005. Il apparaît que le niveau de revenu reflété par les équipements des habitats, l'alphabétisation, le fait que le chef de ménage soit une femme veuve et le fait d'être propriétaire, augmentent la probabilité du raccordement. À l'inverse, le fait d'être locataire, d'habiter dans le quartier Hamdalaye 1, d'avoir une préférence pour un achat quotidien de l'eau et le fait d'apprécier la qualité de service des bornes à travers les heures d'ouverture, augmentent la probabilité d'utiliser les bornes fontaines. Il apparaît enfin que la distance aux bornes fontaines influence aussi le choix de l'utilisation ou non de celles-ci (coût d'opportunité du temps).

Pour conclure sur la partie enquête eau Dakar (2005), trois constats semblent essentiels pour la suite du travail.

- 1) En 2005 dix ans après la privatisation du secteur, il apparaît que trois principales sources d’approvisionnement en eau des ménages demeurent coexistantes : le branchement privé, la borne fontaine et l’informel (charretiers, porteurs et revende de voisinage).
- 2) Les prix de l’eau potable diffèrent fortement selon ces trois modes d’approvisionnement.
- 3) Une part relativement importante de la population considère le prix de l’eau au branchement privé trop élevé.

Si l’objectif de la politique tarifaire vise un accès à l’eau potable pour tous, alors le dernier constat nous interroge sur le bien fondé d’un tarif de base au coût moyen dans la structure progressive du prix de l’eau au Sénégal. En effet, même si on comprend que l’objectif visé à travers ce tarif cible est l’équilibre budgétaire du secteur, un tel tarif apparaît trop élevé pour une grande part de la population.

De plus, le constat d’une part, de la coexistence importante de trois modes d’approvisionnement (branchement privé, borne fontaine et informel) et d’autre part, d’une forte hétérogénéité des prix de l’eau selon le mode, montre qu’il est essentiel de représenter le marché de distribution d’eau potable avec ces trois segments.

C’est pourquoi les modèles SENEAU statique (chapitre 7) et SENEAU dynamique (chapitre 8), destinés à mesurer les impacts de variabilité climatique sur les ressources en eau et des politiques alternatives de gestion de la demande (tarification coût moyen *versus* coût marginal), intégreront ces trois segments de distribution d’eau potable afin d’observer les effets de substitution entre les trois modes d’approvisionnement (branchement privé, borne fontaine et informel) suite aux chocs.

# Deuxième partie

## La prise en compte des variabilités climatiques et des politiques tarifaires de gestion de la demande dans un cadre EGC

# Chapitre 5

## Revue de la littérature des modèles EGC appliqués à l'eau et au Sénégal

L'objectif de ce chapitre est de présenter d'une part, les modèles d'équilibre général calculable (EGC) appliqués au Sénégal et d'autre part, les modèles EGC appliqués à la problématique de l'eau.

Il est vrai que la littérature offre un certain nombre d'études en équilibre général calculable, appliquées au Sénégal. Plus précisément, ces modèles avaient pour objectifs d'étudier :

- 1) Les liens entre les infrastructures, la croissance de l'activité économique et la compétitivité du pays ;
- 2) Les effets du Plan d'Ajustement Structurel sur le secteur agricole ;
- 3) L'impact au plan microéconomique des politiques commerciales et des mesures fiscales adoptées dans le cadre de l'UEMOA<sup>77</sup> ;
- 4) Les impacts de la réforme de libéralisation de la filière arachidière ;
- 5) L'impact de l'accord agricole sur la pauvreté et la distribution des revenus en milieu rural ;
- 6) L'impact de la libéralisation commerciale sur la croissance et la pauvreté.

Cependant, seul le modèle EGC développé par Cabral (2005) intègre les ressources en eau, comme facteur de production dans le secteur agricole sénégalais.

En effet, la question de la gestion de l'eau dans les modèles EGC est relativement peu étudiée. Bien souvent, les modèles traitent de la question de l'eau dans le cadre de la modélisation du secteur agricole. L'allocation des ressources en eau et de la terre dans l'activité de production agricole est déterminante. C'est pourquoi, quelques travaux ont mis l'accent sur le traitement spécifique des facteurs eau et terre dans les structures productives agricoles. D'autres travaux se

---

<sup>77</sup> UEMOA : Union Economique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest.

concentrent sur la question de l'impact des échanges internationaux sur la production agricole et les ressources en eau. Enfin, de plus rares travaux réfléchissent sur la question de la tarification de l'eau.

Nous présentons dans une première section la littérature des modèles EGC appliqués au Sénégal puis dans une seconde section, celle qui traite de la problématique de l'eau. Dans cette dernière, nous distinguons les modèles EGC qui abordent la question de l'eau selon une approche « quantité » de ceux qui l'abordent selon une approche « prix », en traitant, en tant que telle, la question de la tarification.

## **Section 1 : Les modèles EGC appliqués à l'économie sénégalaise**

L'économie et l'agriculture sénégalaises ont fait l'objet de quelques analyses en équilibre général calculable. Parmi ces travaux, on peut citer ceux de Dumont et Mesplé-Somps (2001), de Dansokho (2000), de Diagne, Cabral, Cissé, Dansokho et Ba (2002), de Boccanfuso, Cabral, Cissé, Diagne et Savard (2003) et Boccanfuso, Cabral et Savard (2003), Cabral (2005) et Annabi, Cissé, Cockburn et Decaluwé (2005). Ces modèles abordent la question des impacts des infrastructures (publiques et privées) sur la croissance et la compétitivité, des impacts du Plan d'Ajustement structurel, de la libéralisation commerciale et en particulier des secteurs agricoles, sur les inégalités et la pauvreté.

### **1.1 La question de l'impact des infrastructures sur la croissance et la compétitivité du Sénégal**

Dumont et Mesplé-Somps (2001) s'intéressent aux liens entre les infrastructures, la croissance de l'activité économique et la compétitivité au Sénégal. Le modèle d'équilibre général calculable utilisé par les auteurs (SENEQUIP) est une variante du modèle EXTER2<sup>78</sup>. Il intègre un mécanisme d'impact du capital public. SENEQUIP se distingue de EXTER2 par le fait qu'il tient explicitement compte de l'impact du capital public et du capital privé. Par ailleurs, SENEQUIP est un modèle dynamique de nature séquentielle. Il a été calibré sur les données d'une MCS du

---

<sup>78</sup> EXTER2 est un modèle pédagogique développé par Decaluwé, Patry et Savard (2001).

Sénégal datant de 1990. Ainsi, l'investissement total du pays est désagrégé en investissement public et en investissement privé pour mieux aborder la problématique.

Des simulations des auteurs, il ressort que même si on admet une complémentarité entre l'investissement public et privé, les effets d'une politique d'expansion des infrastructures publiques sur la croissance et sur les performances des secteurs industriels peuvent être différents selon l'impact de cette politique sur le niveau des prix intérieurs et le taux de salaire. Par ailleurs, le choix du mode de financement est déterminant, puisqu'il conditionne les effets sur le niveau des prix intérieurs. Une politique d'expansion qui reposerait exclusivement sur l'assistance internationale ne pourrait être efficace. En revanche, un mode de financement fondé sur l'augmentation des taxes indirectes est préférable du point de vue des performances sur les marchés d'exportation, même si on constate une diminution du bien-être. Toutefois, dans l'étude de l'interaction entre les investissements publics et les investissements privés, ce modèle ne tient pas suffisamment compte de la problématique des infrastructures rurales dans un pays où 60% de la population active est occupée à des activités de production en milieu rural et où les produits primaires constituent une composante essentielle des échanges avec l'extérieur.

## **1.2 La question de l'impact du Plan d'Ajustement Structurel (PAS)**

Les travaux de Dansokho (2000) ont, quant à eux, essayé d'évaluer l'effet de l'ajustement structurel sur le secteur agricole au Sénégal. L'apparente corrélation entre les performances macroéconomiques insuffisantes et la mise en œuvre des programmes d'ajustement structurel (PAS) initiés par le Fonds monétaire international (FMI) et la Banque mondiale (BM) a conduit un nombre croissant de chercheurs à s'interroger sur l'efficacité et l'opportunité des dits programmes de réformes. L'auteur essaie, grâce à un modèle EGC, d'évaluer les impacts de ces chocs externes et de ceux des politiques contre-factuelles menées par le Gouvernement.

Le modèle EGC statique utilisé est de type néoclassique standard. Toutefois, il tient explicitement compte des transferts et des marges commerciales. L'épargne des ménages et des entreprises est exogène. L'équilibre de l'épargne et de l'investissement est ainsi assuré par la variation de l'investissement privé. Le modèle est calibré sur les données de la MCS de 1990 de l'économie sénégalaise.

Plusieurs séries de simulations sont effectuées : une évaluation rétrospective de l'impact socio-économique de l'évolution de la production agricole, des exportations, du taux d'investissement et des revenus, une simulation de quelques mesures de politiques économiques relatives au PAS et une simulation de l'impact des chocs extérieurs sur l'économie sénégalaise marquée par une variation des prix mondiaux à l'exportation et à l'importation.

Dans l'une de ses simulations relatives au PAS, l'auteur montre que la réduction de 10% des dépenses publiques a un effet expansionniste sur l'économie nationale. Les ménages ruraux sont cependant défavorisés en raison de la baisse des interventions de l'État dans le secteur agricole mais aussi par le fait que l'accroissement de l'investissement privé n'a pas profité au dit secteur. Les simulations relatives à l'impact des chocs externes font ressortir que, dans l'hypothèse où les prix mondiaux se modifient et que la politique de l'État demeure inchangée, les effets sur l'économie sont plus importants que dans les simulations relatives au PAS. Le PIB et la consommation diminuent fortement dans tous les *scenarii* sauf dans l'hypothèse d'une diminution du prix mondial des importations. Le revenu du Gouvernement et l'investissement augmentent davantage que dans les simulations précédentes. Les exportations et les importations subissent de fortes fluctuations. Dans l'hypothèse d'une variation du prix mondial des exportations, les secteurs non agricoles, en particulier les services, ressentent beaucoup plus le poids de l'ajustement. Les modifications des prix mondiaux affectent les prix intérieurs et ont, par conséquent, des incidences significatives sur le revenu des ménages. Les ménages urbains et ruraux voient leurs revenus réels diminuer dans toutes les simulations, excepté le cas où le prix mondial des importations baisse.

Le modèle élaboré par Dansokho (2000) permet d'avoir une large vue de l'impact de plusieurs mesures prises dans le cadre des politiques d'ajustement structurel au Sénégal. Néanmoins, une de ses limites est que des facteurs jouant un rôle prépondérant dans la technologie de production du secteur agricole tels la terre et l'eau, ne sont pas pris en compte de façon explicite. Il en est de même de la contrainte à l'exportation à laquelle sont soumis les exportateurs sénégalais sur le marché international.

## 1.3 La question de la libéralisation commerciale

### 1.3.1 Les travaux de Diagne, Cabral, Cissé, Dansokho et Ba (2003)

Le modèle d'équilibre général calculable statique (SenMCEG) de Diagne, Cabral, Cissé, Dansokho et Ba (2003) élaboré récemment essaie d'évaluer l'impact au plan microéconomique des politiques commerciales et mesures fiscales adoptées dans le cadre de l'UEMOA. À partir de 1985, le Sénégal a été contraint d'engager d'importantes réformes commerciales dans le cadre de la politique d'ajustement structurel. Celles-ci avaient pour objet de favoriser une meilleure ouverture de son économie. De façon progressive, les droits de porte ont baissé tandis que les restrictions non tarifaires se réduisent graduellement. Ce désarmement douanier est accentué par la récente instauration du Tarif extérieur commun (TEC) décidé par l'Union économique et monétaire ouest-africain (UEMOA). Le Sénégal a ainsi réduit ses droits de douane d'au moins 50%. Dans la dynamique d'intégration, l'harmonisation de sa fiscalité intérieure s'est traduite par l'application d'une TVA nominale uniforme de 18%.

Ce modèle d'équilibre général calculable (SenMCEG) s'inspire du modèle néoclassique EXTER-PLUS développé par Decaluwé, Cockburn et Robichaud (2002) et est calibré sur les données de la MCS de 1996. Il cherche à évaluer l'impact d'une libéralisation sur la pauvreté et le bien-être des ménages ruraux et urbains en présence de mesures compensatoires. L'examen des effets d'une réforme commerciale sur le bien-être<sup>79</sup> des ménages ruraux revêt une importance cruciale dans un pays où on observe une forte prévalence du phénomène de pauvreté. L'analyse de l'impact en terme de pauvreté des politiques macroéconomiques est basée sur les mesures de  $P_\alpha$  de l'indice FGT<sup>80</sup> de pauvreté.

En termes de bien-être, les simulations montrent qu'une libéralisation des échanges (partielle et intégrale) accompagnée d'une taxe uniforme sur les ventes accentue plus l'incidence, la profondeur et la sévérité de la pauvreté entre les urbains et les ruraux qu'une libéralisation des échanges menée en présence d'un impôt uniforme sur les revenus. Dans le cas d'un libre échange unilatéral accompagné d'un impôt uniforme sur les revenus, on assiste à une réduction de la pauvreté pour toutes les catégories de ménages. En présence d'une libéralisation partielle, l'ampleur de la pauvreté augmente. Toutefois, avec l'application d'une TVA uniforme qui

---

<sup>79</sup> L'impact sur le bien être est mesuré par la variation équivalente. Pour des informations plus détaillées, voir le chapitre 10 sur les mesures du bien être dans les modèles EGC de l'ouvrage de Decaluwé, Patry, Savard (2001).

<sup>80</sup> Indice FGT : Indice de Foster, Greer et Thorbecke (1984). Pour une explication plus détaillée, voir le chapitre 10 sur le modèle PAUPER dans l'ouvrage de Decaluwé, Patry, Savard (2001).

maintiendrait constante l'épargne publique, le taux de pauvreté augmenterait de façon moins accentuée qu'en présence d'une TVA uniforme de 18%. Ces résultats montrent que la pauvreté, la distribution des revenus et par conséquent, le bien-être sont sensibles au processus de libéralisation et au choix des mesures compensatoires.

SenMCEG offre une plus riche spécification des fonctions de comportement à l'échelle de l'économie sénégalaise. En particulier dans le secteur agricole, la terre apparaît de façon explicite comme un facteur de production à côté du capital et du travail. Toutefois, le niveau d'agrégation des secteurs ne permet pas une bonne analyse de l'impact des mesures de libéralisation sur les différentes branches agricoles ainsi que sur les principaux produits importés et exportés et certains biens non échangeables. Par ailleurs, l'eau n'apparaît pas dans le modèle.

### 1.3.2 Les travaux de Annabi, Cissé, Cockburn et Decaluwé (2005)

Annabi, Cissé, Cockburn et Decaluwé (2005) développent un modèle EGC microsimulé dynamique afin d'analyser les potentiels effets en termes d'inégalités et de pauvreté d'une libéralisation unilatérale et complète au Sénégal. Le modèle utilise les données issues de la MCS du Sénégal (1996) et les données issues d'une enquête auprès de 3278 ménages (ESAM, 1995).

Ces travaux sont originaux dans la mesure que le modèle développé est un modèle dynamique séquentiel récursif. Ainsi, le modèle offre une approche intéressante dans le sens où elle fournit une analyse de court et de long terme des liens entre la libéralisation commerciale, la croissance (*via* l'accumulation), la distribution des revenus et la pauvreté. Le modèle dynamique intègre une équation d'accumulation du capital, une fonction de demande d'investissement proche de celle utilisée par Bourguignon *et alii* (1989) et Jung and Thorbecke (2003). Cette fonction de demande d'investissement qui décrit le taux d'accumulation du capital dépend du taux de rémunération du capital, et du coût d'usage du capital. Ce dernier dépend de l'indice du prix de l'investissement, du taux de dépréciation du capital et d'un taux d'intérêt réel exogène. Enfin, la main d'œuvre croît au taux de croissance de la population. Ce modèle est résolu séquentiellement sur 20 périodes.

Les auteurs montrent qu'un démantèlement tarifaire total au Sénégal conduit à une faible hausse de la pauvreté et de l'inégalité à court terme avec une contraction dans les secteurs agricoles et industriels initialement protégés. À long terme, la libéralisation commerciale augmente l'accumulation du capital, particulièrement dans les secteurs industriels et les services et, génère des augmentations substantielles du bien être et une baisse de la pauvreté. Cependant, la

distribution des revenus s'empire avec des gains plus importants pour les populations urbaines et les « non pauvres ».

## 1.4 La question de l'impact de la libéralisation agricole

### 1.4.1 Les travaux de Boccanfuso, Cabral et Savard (2003)

Boccanfuso, Cabral et Savard (2003) essaient de fournir une étude empirique qui pourrait soutenir les discussions autour de la réforme de libéralisation de la filière arachidière au Sénégal. Plusieurs réformes ont été initiées, avec des résultats variables. La privatisation de la SONACOS<sup>81</sup> et la libéralisation de la filière divisent les acteurs. Cette privatisation était très complexe et peu d'études antérieures ont tenté d'évaluer l'efficacité des politiques mises en œuvre et leurs impacts sur la pauvreté.

Les auteurs utilisent un modèle EGC statique microsimulé qui intègre les principaux mécanismes qui régissent le fonctionnement de la filière arachide. Le prix au producteur est supposé fixe, de même que le prix d'achat de la graine par la SONACOS et la marge des organismes privés de stockeurs. Le marché de l'arachide est caractérisé par une dualité (marché parallèle et ventes à la SONACOS). La valeur ajoutée est une fonction Cobb-Douglas. Le travail est un facteur composite de la main d'œuvre qualifiée et non qualifiée. On distingue sept types de ménages classés selon leur statut d'agriculteurs ou non. Dans ce classement, l'accent est mis sur les zones arachidières.

Deux simulations sont effectuées. Dans la première, les auteurs supposent une réduction de 50% des droits de douane sur l'huile et les corps gras alimentaires. Il s'en suit une réduction assez importante de la production locale d'huile. Le prix au consommateur de l'huile baisse et favorise une hausse des importations. La SONACOS réduit ses prix pour pouvoir écouler ses stocks. L'impact de cette politique sur la pauvreté est positif mais faible. Seul le groupe de ménages non agriculteurs résidant dans les autres zones et ceux de Dakar voient leur taux de pauvreté baisser.

Dans la seconde simulation, le prix au producteur baisse de 30%. Compte tenu de la baisse du coût de ses intrants, la SONACOS engrange des bénéfices. Elle réduit son output. La baisse de l'offre d'huile entraîne une hausse de son prix. La baisse des revenus des ménages qui en résulterait, combinée à la hausse du coût du panier de base, explique l'augmentation de la

---

<sup>81</sup> SONACOS : Société Nationale de Commercialisation des Oléagineux du Sénégal.

pauvreté dans les zones arachidières. Les effets de ces deux chocs sont très faibles sur la variation des inégalités.

#### 1.4.2 Les travaux de Boccanfuso, Cabral, Cissé, Diagne et Savard (2003)

Quant au modèle de Boccanfuso, Cabral, Cissé, Diagne et Savard (2003), il a servi de cadre pour tester la sensibilité des formes de distribution en se basant sur l'impact de chocs subis par l'économie sénégalaise, en particulier le secteur rural. Un des principaux axes de la stratégie de réduction de la pauvreté est l'allocation de la plus grande partie des ressources publiques mobilisées au secteur rural. Cette stratégie est mise en œuvre dans un contexte de libéralisation accentuée des échanges.

Le modèle EGC utilisé par les auteurs est statique et microsimulé. La valeur ajoutée est une fonction de type Cobb-Douglas. Le travail composite est subdivisé en travail qualifié et non qualifié. L'ensemble des autres blocs d'équations est assez standard. Dans l'analyse des impacts microéconomiques des chocs, les auteurs identifient six groupes de ménages selon le niveau de qualification du chef de ménage. Deux approches sont utilisées : une de type continu ou paramétrique (DAGUM) et, une autre de type non paramétrique (dans l'environnement DAD<sup>82</sup>). L'objectif est de tester la sensibilité des résultats de pauvreté selon l'approche retenue.

Deux *scenarii* de politiques sont simulés à cette fin : un accroissement des prix mondiaux de céréales et une hausse de la productivité agricole. Dans la première simulation, les résultats obtenus avec les deux approches diffèrent essentiellement par l'ampleur de l'effet. Dans la seconde simulation, les différences sont observées au niveau du sens de variation des mesures de pauvreté. Les taux de variation des indices sont généralement plus élevés dans le cas d'une augmentation des prix internationaux de céréales importés que lorsqu'on a une amélioration de la productivité agricole. Dans le cas d'une hausse de la productivité agricole, les ménages éduqués expérimentent une baisse plus forte de l'incidence de la pauvreté. Cette dernière est plus marquée avec l'approche DAGUM. Pour les deux approches, la variation des inégalités est marginale.

Ces travaux offrent de riches enseignements sur l'impact des réformes et chocs externes sur l'économie et le secteur rural sénégalais. Néanmoins, ce modèle ne tient pas compte des facteurs spécifiques au secteur agricole (eau et terre) qui sont confinés dans le capital composite, ce qui ne

---

<sup>82</sup> DAD (Distributive Analysis) est un logiciel conçu par J-Y. Duclos, A. Arrar et C. Fortin (Université Laval, Québec) pour l'analyse de bien être, d'inégalités et de pauvreté.

permet pas de prendre en compte en particulier, la terre dans la technologie de production du secteur rural, ni de discerner la dotation des ménages en terre de celle en capital.

### 1.4.3 Les travaux de Cabral (2005)

Cabral (2005) simule à l'aide d'un modèle EGC multisectoriel et statique, l'impact de l'Accord agricole<sup>83</sup> sur la pauvreté et la distribution des revenus en milieu rural au Sénégal. L'auteur souhaite mettre en évidence que ce choc de politique induit un important démantèlement tarifaire dans le secteur agricole ce qui génère des effets sur le budget des ménages tant du côté revenu que du côté prix.

Pour cela, le modèle proposé comprend 18 secteurs (maïs, mil/sorgho, riz, arachide, tubercules, coton, légumes, fruits, forêt, élevage, pêche, autre agriculture, huileries, industries alimentaires et autres industries, services marchands et services non marchands). L'agriculture comprend deux sous-secteurs : le bloc des secteurs irrigués et celui des secteurs non-irrigués. Le modèle comporte quatre facteurs de production (capital, travail, terre et eau). Le modèle distingue les ménages urbains (plus précisément, les ménages de Dakar et des Autres Centres Urbains), des ménages ruraux (bassin arachidier, Niayes, Casamance, Sénégal oriental, zone sylvo-pastorale, Delta du fleuve et fleuve hors Delta). Ces derniers sont relativement désagrégés afin d'observer la façon dont chaque catégorie est affectée par l'ouverture du Sénégal aux échanges extérieurs agricoles selon leur zone agro-écologique de résidence.

Le modèle de l'auteur (SENURUR) est inspiré du modèle EXTER-PLUS développé par Decaluwé, Cockburn et Robichaud (2002) et de SenMCEG développé par Diagne, Cabral, Cissé, Dansokho et Ba (2003). L'auteur met l'accent sur la modélisation de la structure productive agricole. Notamment, dans les branches agricoles non irriguées, la valeur ajoutée est une fonction CES entre la terre et le facteur composite capital-travail. Ce dernier est déterminé par une fonction CES combinant le capital et le travail. Dans les branches irriguées, la valeur ajoutée est une

---

<sup>83</sup> L'Accord agricole est issu de l'Organisation Mondiale du Commerce (1994). Rappelons qu'au Sénégal, la libéralisation des marchés agricoles est une des composantes des réformes engagées dans le secteur agricole. Depuis 1984, la mise en œuvre de la Nouvelle politique agricole (NPA) a conduit à un désengagement de l'Etat et à une plus grande responsabilisation des organisations paysannes. Cette dynamique est renforcée avec la mise en œuvre du Programme d'ajustement du secteur agricole (PASA) en 1994 dont la finalité est une libéralisation des marchés et des filières agricoles. L'ouverture au commerce agricole survient dans un contexte où le Sénégal, à l'instar de plusieurs pays en développement, met en œuvre une stratégie de réduction de la pauvreté. Cette dernière accorde un intérêt particulier au secteur rural où le phénomène est beaucoup plus accentué. La mise en œuvre de l'Accord agricole rendra effective la dérégulation du secteur agricole et son fonctionnement selon les règles de l'OMC. Il est structuré en trois piliers : l'accès au marché, le soutien interne et les subventions à l'exportation

fonction CES combinant les facteurs composites capital-travail et terre-eau. Ce dernier est déterminé par une fonction Leontief qui combine des parts fixes des facteurs terre et eau.

Enfin, l'auteur introduit une fonction de demande d'exportation permettant de tenir compte des contraintes de ventes sur le marché international des producteurs sénégalais face à la concurrence.

L'auteur effectue trois types de simulations. Dans la première simulation, l'auteur suppose qu'à la suite d'un accord sur les négociations portant sur le commerce des produits agricoles, les droits de douane diminuent de 24% au Sénégal. L'application d'une taxe uniforme sur les ventes de 18% permet alors à l'État de compenser ses pertes de recettes. Dans la seconde simulation, le taux de droits de douane sur les produits agricoles baisse de 24% et le Sénégal met en œuvre une des mesures de soutien contenue dans sa liste d'exemptions. Cette mesure de soutien consiste en un programme d'appui à la production agricole qui se traduit par un accroissement de l'offre d'eau destinée à des fins d'irrigation de 19%. De plus, l'application d'une taxe uniforme sur les ventes de 18% est retenue comme mode d'ajustement. Enfin dans la troisième simulation, les droits de douane sur les produits agricoles baissent de 24% mais une mesure d'accompagnement est mise en œuvre permettant la récupération de la moitié des terres perdues, soit 13%. De même, une taxe uniforme sur les ventes de 18% est fixée comme mode d'ajustement.

L'auteur démontre que le démantèlement tarifaire des échanges agricoles entraîne dans l'agriculture une réallocation des ressources en faveur des branches arachide, mil/sorgho et coton. Si les dotations en eau sont accrues, le flux de ressources profite également au secteur du riz irrigué. Lorsque le stock de terre s'accroît, il s'en suit une réallocation des ressources en faveur de tous les secteurs de l'agriculture à l'exception des légumes et des tubercules. La baisse des droits de douane sur les échanges agricoles entraîne un recul de la pauvreté. La mesure profite davantage aux ménages des autres centres urbains. La pauvreté baisse en milieu rural dans une moindre ampleur qu'en milieu urbain. La diminution de la pauvreté est plus accentuée chez les ménages ruraux résidant dans les zones agro-écologiques de Niayes, de la zone sylvo-pastorale et du Fleuve. Toutefois, les mesures d'accompagnement telles que l'accroissement du stock d'eau et/ou des surfaces agricoles favorisent une baisse de la pauvreté en milieu rural relativement plus importante qu'en zones urbaines. Notamment, les ménages de Niayes et de la Zone sylvo-pastorale profitent davantage d'un démantèlement tarifaire accompagné d'un accroissement du stock d'eau. En revanche, même si la mesure de démantèlement tarifaire est couplée à une hausse des dotations en terre et en eau favorise un recul plus important de la pauvreté en milieu rural, l'ampleur de la baisse de la pauvreté au plan national est dans l'ensemble moindre qu'en l'absence de mesures d'accompagnement.

L'auteur conclut que l'Accord agricole est une mesure davantage pro-urbaine. La mise en œuvre de mesures d'accompagnement permet une baisse plus accentuée de la pauvreté en zone rurale. Par conséquent, des politiques qui visent à accroître la disponibilité des sols (par le biais d'une stratégie de régénération et de fertilisation des sols) ainsi qu'un effort d'accroissement des disponibilités des ressources en eau, contribuent à accentuer la réduction de la pauvreté en milieu rural.

En conclusion de cette littérature des études ayant portées sur le Sénégal, on peut remarquer que la plupart des modèles EGC développés l'ont été afin de simuler des *scenarii* de libéralisation commerciale et notamment, dans le secteur agricole.

Seuls les travaux de Dumont et Mesplé-Somps (2001) et de Annabi, Cissé, Cockburn et Decaluwé (2005) portent sur des modèles EGC dynamiques séquentiels. C'est cette approche dynamique de modèle EGC que nous retiendrons pour notre modèle EGC appliqué à l'eau.

Enfin, seuls les travaux de Cabral (2005) ont intégré les ressources en eau comme facteur de production. Nous en ferons de même. Cependant dans les travaux de Cabral (2005), l'eau est une ressource primaire seulement utilisée par l'agriculture. Notre modèle considèrera aussi que la ressource primaire pourra être consommée directement par l'agriculture comme facteur de production. Mais cette ressource primaire sera aussi consommée comme facteur de production par un secteur de production d'eau potable dont le rôle sera de transformer cette eau primaire en eau potable. Enfin, compte tenu des faits révélés par notre enquête eau Dakar (2005), notre modèle SENEAU comportera différents secteurs de distribution d'eau potable. À partir d'un critère d'intensité en eau, nous distinguerons aussi des secteurs industriels et des services marchands intensifs et non intensifs en eau, et, nous désagrègerons l'agriculture intensive en eau. Enfin, au-delà de chocs d'offre sur les ressources en eau (Cabral, 2005), nous développerons des *scenarii* de tarification de l'eau en tant qu'outil de politique de gestion de la demande et de la rareté.

## **Section 2 : Les modèles EGC appliqués à la ressource en eau**

La littérature montre qu'il existe plusieurs façons d'aborder la problématique de l'eau dans les modèles EGC. Tout d'abord et majoritairement, des modèles EGC ont été construits afin de simuler des politiques d'offre d'eau potable. Il s'agissait de mettre en évidence les impacts de politiques visant à accroître la disponibilité de la ressource ou, à analyser les conséquences d'une baisse du stock d'eau. Ces modèles ont souvent été appliqués à l'utilisation de l'eau par l'agriculture. Une seconde catégorie de modèles EGC, relativement récente, traite la question de la rareté de la ressource sur un plan mondial en montrant les avantages des échanges internationaux d'eau « virtuelle »<sup>84</sup>. Enfin une troisième catégorie de modèles EGC aborde explicitement la question des outils tarifaires comme politique de gestion de la demande. C'est dans un contexte de rareté croissante de la ressource que ces derniers cherchent à simuler des politiques de gestion de la demande notamment, *via* la tarification de l'eau potable.

C'est pourquoi dans cette section, nous rassemblons tout d'abord les travaux qui ont abordé la question des ressources en eau sous l'angle des quantités puis, dans un second temps nous présentons la littérature naissante autour des échanges internationaux d'eau « virtuelle » comme moyen de gérer la rareté au niveau mondial. Enfin, nous présentons les travaux qui ont abordé la question des ressources en eau sous l'angle des taxes et des prix.

### **2.1 La littérature autour des politiques d'offre d'eau potable**

La plupart des travaux issus de cette littérature se sont concentrés sur la question de l'utilisation de la ressource en eau par l'agriculture. Ces modèles ont généralement simulé des variations de stock d'eau potable pour en analyser les impacts sur l'agriculture et le reste de l'économie. Nous présentons d'abord ces modèles. Puis, nous présentons les modèles qui se sont plutôt concentrés sur la question de la réallocation de l'eau entre les différents usages.

---

<sup>84</sup> Le concept d'eau « virtuelle » émane des travaux de Allan (1992).

## 2.1.1 Les modèles EGC centrés sur la question des impacts des variations de stock d'eau potable

### 2.1.1.1 Les travaux de Berck, Robinson et Goldman (1991)

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. Plus précisément, leur modèle EGC vise à évaluer les effets d'une réduction forte de la quantité d'eau allouée au secteur agricole sur le PIB, la production sectorielle, l'emploi et l'utilisation de la terre dans la région de San Joaquin. Il s'agit d'un modèle EGC régional qui vise à analyser les impacts en terme de réallocation des ressources.

Leur fonction de production agricole comporte quatre facteurs primaires : l'eau, la terre, le travail et le capital. Les auteurs différencient la terre selon sa qualité en trois catégories selon une structure hiérarchique : la terre de bonne qualité peut être utilisée pour un usage inférieur mais pas l'inverse. Le stock d'eau disponible est en quantité agrégée fixe. Cette ressource n'est utilisée que par le secteur agricole. Le travail est mobile entre les différents secteurs économiques de la région mais immobile entre la région et le Reste du Monde.

La technologie de production agricole est une structure emboîtée à deux niveaux. Elle distingue deux groupes d'activités agricoles : les activités agricoles de production à forte élasticité de l'offre et les activités agricoles de production à faible élasticité de l'offre. Une distinction est faite entre les inputs intermédiaires domestiques et importés qui sont demandés dans des proportions fixes. Le modèle définit la terre comme un agrégat formé (à partir d'une fonction Leontief) entre un volume d'eau et une superficie donnée. Dans la variante à forte élasticité de substitution de l'offre, la valeur ajoutée agricole est représentée par une fonction Cobb-Douglas reliant la terre, le travail et le capital. Dans la variante à faible élasticité de substitution de l'offre, le capital et la terre sont utilisés en proportions fixes et le travail est combiné à cet agrégat par une fonction Cobb-Douglas. Le problème est que dans cette variante à faible élasticité l'eau, la terre et le capital sont utilisés en proportions fixes et il n'existe donc aucune relation de substitution entre la terre et les consommations intermédiaires tels que les engrais et les pesticides.

Pour résumer, 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.

#### 2.1.1.2 Les travaux de Robinson et Gehlar (1995)

Robinson et Gehlar (1995) ont constaté qu'en Egypte, le système de taxes et de subventions présentait beaucoup de distorsions dans la période 1986-1988. Celui-ci se traduit par d'importantes taxations et subventions de la production du secteur agricole. L'accroissement de la population exerce une pression sur l'utilisation des terres cultivables tandis que les ressources en eau tendent à devenir relativement rares. On observait dans l'agriculture égyptienne d'importantes subventions aux intrants tandis qu'aucune charge n'était supportée par les utilisateurs de l'eau. Dans le nouvel environnement marqué par des réformes de politiques et la mise en œuvre du programme d'ajustement structurel (PAS), une modélisation EGC fournit un cadre d'analyse opportun des impacts des réformes majeures et explore les mesures appropriées pour atteindre un optimum dans l'utilisation de la terre et de l'eau.

Dans leur étude, les auteurs s'appuient sur un modèle EGC afin de capter l'impact d'un faisceau de mesures en mettant l'accent sur l'utilisation de l'eau et de la terre. Le modèle égyptien désagrège le secteur agricole et traite de façon spécifique la terre et l'eau. En effet, beaucoup de modèles EGC sont concentrés sur l'étude du secteur agricole mais peu d'entre eux prennent en compte de façon explicite la gestion de l'allocation des ressources terre et eau dans l'activité agricole. Le modèle EGC terre-eau combine une analyse de l'activité agricole, mettant l'accent sur la technologie du secteur et une représentation néoclassique standard de la technologie des secteurs non agricoles. Il s'inspire également des modèles EGC antérieurs appliqués à l'Egypte. La valeur ajoutée est une fonction CES du travail, du capital et du facteur composite terre-eau dans le secteur agricole. Le facteur composite terre-eau est une agrégation linéaire de l'eau et de la terre. Dans ce modèle, la terre peut être allouée entre les différents types de culture. De même, le capital et le travail sont mobiles entre les secteurs agricoles. Le numéraire du modèle est l'indice des prix à la consommation. Excepté le facteur composite terre-eau, le reste du modèle a une spécification de type standard. La clôture du modèle est simple. La balance courante évaluée en devises étrangères est exogène. Les taxes du gouvernement sont fixées de façon exogène de sorte que le revenu du Gouvernement est déterminé de façon endogène. L'épargne privée agrégée

permet d'ajuster l'épargne à l'investissement. Ce dernier est fixe en terme réel, de même que les dépenses du Gouvernement.

Pour simuler l'importance de la disponibilité en eau dans l'agriculture égyptienne, les auteurs effectuent une série de simulations (en diminuant progressivement l'offre d'eau de 5%) pour représenter la courbe de demande d'eau. Celle-ci est une courbe de demande en équilibre général lorsque l'offre agrégée d'eau se modifie, l'économie s'ajuste pleinement, avec des modifications dans l'offre, la demande et les prix dans tous les secteurs et pour tous les facteurs. Au fur et à mesure que l'offre d'eau est réduite, une partie des terres n'est plus cultivée. Les secteurs intensifs en eau voient leur production baisser tandis que quelques uns des secteurs utilisant moins d'eau enregistrent une baisse de leur production. La structure de la production agricole est affectée par cette variation de l'offre d'eau. Dans le cas d'une élimination de toutes les politiques de distorsions de l'activité de production agricole, le prix implicite de l'eau est significativement positif et très élevé alors que celui de la terre est plus faible que son prix du marché. L'implication de ce résultat est que les biais de politique favorisent les secteurs agricoles les moins intensifs en eau. Avec la politique de libéralisation, le prix de marché de l'eau augmente rapidement tandis que son prix implicite ne s'accroît que faiblement. Les deux prix s'égalisent lorsque les distorsions de politiques sont éliminées. Cette élimination complète des distorsions de politiques accroît le bien-être des ménages.

Les auteurs en arrivent à la conclusion que les politiques menées entre 1986 et 1988 en Egypte étaient biaisées et avaient conduit au maintien de la structure d'exploitation de l'eau dans la production agricole. Les réformes de politiques introduites ont eu pour effet d'accroître à la fois le bien-être des ménages et la demande d'eau. Ces réformes favorisent donc l'emploi rural et conduisent à une réduction de la migration des ruraux vers la ville.

#### 2.1.1.3 Les travaux de Löfgren et Robinson (1997)

Les distorsions sur le marché du facteur eau en Egypte ont également été abordés par les travaux de Löfgren et Robinson (1997). Ces derniers ont construit un modèle EGC dynamique appliqué à l'offre agricole. Les résultats de leurs simulations montrent qu'une réduction graduelle de 10% de l'offre d'eau dans un intervalle allant de 0% à 60% se traduit par une baisse du taux de croissance réel du PIB comprise entre 5,2% et 4,8%. Le secteur agricole est aussi affecté puisque son rythme de croissance baisse dans un intervalle compris entre 3,5% et 2%.

## 2.1.2 Les modèles centrés sur la question de la réallocation de l'eau entre les différents usages

### 2.1.2.1 Les travaux de Seung, Harris, Englin et Netusil (2000)

Seung, Harris, Englin et Netusil (2000) combinent un modèle EGC dynamique avec un modèle de demande d'eau à usage récréatif pour analyser les effets temporels d'une réallocation de l'eau de l'agriculture vers un usage récréatif dans le comté de Churchill (Nevada). Le modèle montre que l'augmentation de la production non agricole ne compense pas la réduction de la production agricole liée au manque d'eau.

Le modèle comporte huit secteurs dont trois sont agricoles (bétail, autre agriculture et pâturage). Dans chaque secteur la technologie de production est représentée par une fonction Cobb-Douglas de la valeur ajoutée. Les consommations intermédiaires sont utilisées dans des proportions fixes. La production des secteurs agricoles est représentée par une fonction Cobb-Douglas des facteurs travail, capital et la terre. La réduction des droits sur l'utilisation des eaux de surface de l'agriculture génère une baisse proportionnelle de l'utilisation de la terre dans l'agriculture parce que les droits sur l'eau sont détenus avec la terre et il n'y a pas de possibilité de substitution. Les secteurs non agricoles utilisent seulement du travail et du capital comme facteurs de production. Le facteur travail est parfaitement mobile entre les secteurs mais imparfaitement mobile entre les régions. Il existe donc des différentiels de taux de salaire mais qui disparaissent sur le long-terme. Le capital est spécifique par secteur ce qui signifie que le capital physique d'un secteur n'est pas mobile. Il existe une équation d'accumulation du capital standard. Le niveau de capital désiré dans chaque secteur dépend de la part du revenu issu du capital, du prix de production du bien, du niveau de production et, dépend inversement du taux de rendement du capital dans le secteur.

Il s'agit d'un modèle dynamique séquentiel proche de ceux développés par Adelman *et alii* (1979) décrits par Robinson (1976), c'est-à-dire d'une succession d'équilibres statiques qui reflètent les changements dans les stocks de capital compte tenu des investissements, et les changements dans le stock de travail compte tenu d'une part de la migration de la main d'œuvre et de la croissance démographique.

Les auteurs combinent ce modèle EGC dynamique à un modèle de demande récréative qui décrit les relations entre le nombre de voyages récréatifs par millier de résidents et les hectares de zones humides de la région. En effet, les autorités ont fourni aux auteurs des données sur le nombre de jours passés à la pêche à la ligne, à la chasse ou à d'autres usages récréatifs (observations d'oiseaux, camping) dans la région. Les auteurs estiment alors deux équations de demande : l'une concernant le taux de chasse et l'autre le taux général d'activités récréatives. Ainsi, ce modèle de demande d'eau récréative est combiné au modèle EGC afin de calculer les impacts économiques d'une politique de réallocation de l'eau. Plus précisément, l'étude examine l'impact d'une réduction des surfaces irriguées de 30 000 hectares. La disponibilité de l'eau dans l'agriculture passe alors de 95 554 à 65 554 hectares. Compte tenu des hypothèses de budget, ce transfert devrait permettre d'augmenter de 42 999 à 53 742 hectares les zones humides.

Les résultats montrent que cette politique génère une baisse de la production agricole de 35,9 millions de dollars sur six périodes. La production totale de la chasse et de la récréation générale (nombre de visiteurs) augmente sur six périodes de 21,525 et 33,454 millions de dollars respectivement. On observe donc une baisse de la production agricole et une réallocation de l'eau vers les usages récréatifs compte tenu des dépenses de budget réalloués qui se traduit par une hausse de la production de ces secteurs (chasse et autres usages récréatifs). Mais cette dernière n'est pas suffisante pour compenser la baisse de la production agricole puisque le PIB de l'économie diminue de 0,9% sur les six périodes.

#### 2.1.2.2 Les travaux de Goodman (2000)

Goodman (2000) construit un modèle EGC dynamique appliqué à l'eau pour montrer que des transferts de la ressource en eau représentent une option moins coûteuse que celle qui consisterait à construire de nouveaux barrages hydrauliques ou d'agrandir les équipements de stockage déjà existants. Le modèle est appliqué au Sud est du Colorado. Il montre que ces deux options de politiques d'offre d'eau fournissent aux autorités des résultats lors de sécheresses et sont bénéfiques aussi bien aux zones rurales qu'urbaines. Mais la solution de transferts de la ressource en eau de l'agriculture vers l'usage municipal génère un plus faible coût économique et environnemental surtout si ce transfert est temporaire. Goodman (2000) considère que la technologie de production agricole utilisée par Seung *et alii* (2000) est restrictive. En effet, ces derniers considèrent une fonction de production Leontief où la terre et l'eau ne sont pas substituables. C'est pourquoi, l'auteur introduit de la substituabilité entre ces deux facteurs.

Au total, le modèle comporte quatre facteurs de production : la terre, le travail, le capital et l'eau. Il distingue quatre secteurs : agriculture irriguée et non irriguée, commerce et industrie. La main d'œuvre croît au même taux que la population et les investissements nets sont suffisants pour faire croître le stock de capital au même taux. Les stocks de terre et d'eau sont fixes. C'est pourquoi, ces facteurs deviennent relativement plus rares à chaque période. Le travail est mobile entre les secteurs et le capital est spécifique par secteur. La terre et l'eau sont aussi spécifiques par usage (usage agricole ou usage municipal). L'usage municipal inclut les usages domestique, commercial et industriel. Il existe deux ménages (urbain et rural) dont la fonction d'utilité est une fonction de consommation CES intertemporelle. La fonction de production des secteurs est une fonction CES où l'eau est substituable aux autres facteurs et le travail, le capital et la terre sont substituables aux intrants intermédiaires.

Le modèle intègre une équation standard d'accumulation du capital (le stock de capital à la période  $t$  dépend du stock à la période  $t-1$  déprécié et de l'investissement en période  $t$ ).

La ressource en eau peut être immédiatement utilisée dans la production à la période  $t$  ou stockée pour une utilisation future. Comme l'eau est renouvelable, une même quantité est normalement disponible à chaque période normale. Mais, comme sa quantité disponible dépend aussi des conditions climatiques, la quantité réelle à chaque période peut être substantiellement plus forte ou plus faible qu'à une période normale. L'auteur définit une équation dans laquelle est calculée la quantité d'eau disponible pour les usages municipaux à chaque période compte tenu des transferts de l'eau par l'agriculture (en prenant en compte des coûts de transaction), des stockages de l'eau disponibles à la période  $t$  et des stockages réalisés pour les périodes futures. Il définit aussi une équation de stockage de l'eau en période proche de l'équation d'accumulation du capital sauf que le taux de dépréciation est remplacé par un taux d'évaporation du stock d'eau. Plus précisément, la quantité d'eau stockée disponible en  $t+1$  est égal au stock d'eau en  $t$  déprécié, moins le stock utilisé d'eau en  $t$ , plus le stock d'eau réalisé en  $t$ .

Il s'agit d'un modèle dynamique proche de celui de Rutherford (1999). Le modèle simule l'économie sur l'horizon 2000-2040. Les résultats montrent qu'une politique d'accroissement des capacités de production (du stockage) génère une hausse du bien-être de 0,05% pour les urbains et ruraux alors qu'une politique de transfert de la ressource en eau de l'agriculture vers l'usage municipal génère une plus faible hausse de bien-être (0,01%). Une politique d'accroissement des capacités de stockage engendre de très faibles bénéfices au regard des coûts d'une telle politique (200 millions de dollars). Au contraire, un transfert de la ressource en eau de l'agriculture vers

l'usage municipal génère de plus amples bénéfices pour les urbains et ruraux sachant que le coût d'une telle politique est faible.

### 2.1.2.3 Les travaux de Gomez, Tirado et Rey-Maquiera (2004)

Gomez, Tirado et Rey-Maquiera (2004) construisent un modèle EGC appliqué aux Iles Baléares pour analyser les gains en terme de bien-être d'une amélioration de l'allocation des droits d'eau à travers des échanges entre l'agriculture et les secteurs urbains sur un marché. D'après les auteurs, des échanges de droits d'eau offrirait une alternative permettant une allocation de l'eau flexible suffisante pour faire face aux sécheresses cycliques caractérisant le régime naturel de l'eau sur l'île. La principale conclusion est qu'une augmentation de l'efficacité permise par l'instauration d'un marché d'eau rend cette dernière plus avantageuse que la solution plus populaire de construction de nouvelles usines de désalinisation. Contrairement à l'opinion publique, un marché d'eau peut aussi avoir des effets bénéfiques sur le revenu agricole.

Il s'agit d'un modèle statique comportant dix secteurs : deux secteurs agricoles (irrigué et non irrigué), un troisième secteur comportant le bétail, les mines, la pêche et les autres activités primaires, deux secteurs de production d'eau potable (un secteur traditionnel et un secteur de désalinisation de l'eau de mer), et les secteurs de l'énergie, la manufacture, la construction, le tourisme et les services. Chaque secteur produit un seul et unique bien sauf le secteur de désalinisation de l'eau de mer qui produit et distribue le même bien que le secteur traditionnel de production d'eau potable, mais à un coût différent. L'économie dispose de cinq facteurs de production : la terre, le capital, le travail, l'eau et l'eau de mer. La terre est uniquement utilisé par l'agriculture et est mobile entre les secteurs agricoles irrigué et non irrigué. Le capital est spécifique par secteur sauf dans les branches agricoles où il est mobile entre les secteurs irrigués et non irrigués. Le travail est parfaitement mobile. L'offre totale d'eau est supposée fixe et les droits d'eau, actuellement distribués entre l'agriculture et les secteurs de production et distribution d'eau potable, sont non échangeables.

Les sociétés d'eau possèdent quelques droits concessionnaires d'eau sur certaines quantités d'eau souterraine qui sont utilisés dans des buts prédéfinis et spécifiques et donc, elles ne sont pas autorisés à acheter ou vendre ces droits de l'eau. L'eau est un facteur primaire de production non transférable. De plus, comme elle est extraite, cette eau est produite avec un certain coût. L'eau potable est produite et distribuée en utilisant d'autres facteurs de production. Elle est utilisée comme bien final par les consommateurs ou comme bien intermédiaire par les autres secteurs de

l'économie. Cette hypothèse de non transférabilité des droits de propriété de l'eau est levée pour étudier les potentiels gains en terme de bien-être du commerce de l'eau entre l'agriculture et l'offre d'eau qui dépend du niveau de l'offre de la ressource primaire, considéré comme exogène et déterminé par le degré de sécheresse. Le modèle comporte quatre agents : les consommateurs, les firmes, l'État et le reste du monde. Les ménages sont dotés des cinq facteurs : terre, travail, capital, eau et eau de mer.

Le secteur agricole est le principal utilisateur de la ressource primaire. Ainsi, les potentiels avantages d'échanges d'eau sont dépendant des possibilités de substitution entre les facteurs primaires de production. Face à une pénurie ou une hausse du prix de la ressource, le secteur agricole doit pouvoir s'ajuster en changeant sa composition entre produits irrigués et produits non irrigués. Pour inclure ces alternatives d'ajustements, les auteurs modélisent la technologie de production agricole par une fonction CES emboîtée. La seule différence entre le secteur irrigué et le secteur non irrigué est que ce dernier n'utilise pas la ressource brute. Au premier niveau, l'eau primaire et l'énergie sont combinés par une fonction CES pour donner un composite eau agricole. Parallèlement, la terre et le capital sont combinés par une fonction CES pour donner un composite capital-terre. Au deuxième niveau, ces deux composites (capital-terre et eau agricole) sont combinés par une fonction CES pour donner un composite capital-terre-eau agricole. À un troisième niveau, ce dernier est combiné par une fonction CES au travail pour donner un composite agrégé. Enfin, ce composite agrégé est utilisé en proportions fixes avec les consommations intermédiaires (Leontief) pour donner la production agricole.

Tous les autres secteurs ont la même technologie de production. À un premier niveau l'eau potable est combinée par une fonction CES au capital pour donner un composite. Celui-ci est à un deuxième niveau combiné par une fonction Cobb-Douglas au travail pour donner un composite qui à un dernier niveau est utilisé en proportions fixes avec les consommations intermédiaires (Leontief) pour donner la production du secteur.

À la situation de référence, il n'existe pas de possibilités d'échanges d'eau. Il s'agit d'une situation sans marché de l'eau. Puis, la simulation consiste à introduire un marché de l'eau (échanges de droits de l'eau). Pour cela, les auteurs supposent que la ressource primaire n'est plus un input secteur spécifique et que les dotations en eau peuvent être librement vendues jusqu'à ce que leur productivité marginale soit égalisée dans les secteurs agricoles et de production d'eau potable. Pour montrer la différence entre les deux situations (avec ou sans marché de l'eau), les auteurs élaborent onze simulations de sécheresse en considérant des réductions séquentielles de 5% de la

dotations initiales d'eau. Les auteurs montrent que malgré une plus faible production agricole dans le cas du marché des droits de l'eau, ceci ne signifie pas pour autant un plus faible revenu rural ou de l'agriculture. Au contraire, si le revenu rural a besoin d'être maintenu, la propriété de droits de l'eau échangeables pourrait conduire à un arrangement institutionnel efficace pour accroître l'efficacité de l'économie toute entière. Les marchés de l'eau pourraient permettre d'augmenter substantiellement l'épargne en évitant l'accumulation d'infrastructures (barrages, usines de désalinisation). Ainsi, cela permettrait d'éliminer les distorsions économiques qui pourraient être générées par toutes ces infrastructures superflues comme par exemple, la hausse du prix de l'énergie provoquée par l'utilisation intensive des usines de désalinisation aux Iles Baléares. Cependant tous les effets positifs en terme de bien-être de la mise en place d'un marché de l'eau doivent être à nuancer si l'on décide de prendre en compte les coûts de transactions.

## **2.2 La littérature autour des échanges internationaux d'eau « virtuelle »**

Berritella, Hoekstra, Rehdanz, Roson et Tol (2006) construisent un modèle EGC pour étudier le rôle des ressources en eau et de leur rareté dans un contexte de commerce international. Les auteurs rappellent qu'au niveau mondial, 70% de l'eau est utilisée par l'agriculture et que la plupart des produits agricoles sont échangés sur le marché mondial. C'est pourquoi, la littérature définit l'eau incorporée dans les biens échangeables comme une eau « virtuelle » (Allan, 1992). Il s'agit de l'eau implicite contenue dans les biens échangeables circulant sur le marché international. Chapagain et Hoekstra, (2004) estime le flux global d'eau virtuelle à 16% de la totalité de l'eau utilisée. Plus précisément, ceci signifie que 16% de l'eau utilisée dans le monde pour la production agricole et industrielle est exportée comme eau virtuelle. Notamment, 61% des échanges internationaux d'eau virtuelle concernent les produits agricoles, 17% concernent le bétail et seulement 22% concernent les produits industriels. Comme la demande pour les produits alimentaires est importante, l'eau virtuelle peut apparaître comme une ressource supplémentaire d'eau dans les régions où la ressource brute est rare. Il existe une littérature qui met l'accent sur le rôle de l'eau virtuelle comme moyen d'atteindre la sécurité alimentaire dans les régions faiblement dotées en eau (Bouwer, 2000 ; Allan et Olmsted, 2003).

Les auteurs intègrent l'eau dans le modèle comme une dotation dans la structure productive de l'économie. Il s'agit d'un modèle EGC mondial qui permet de simuler la rareté de l'eau générée par la réduction de la disponibilité des eaux souterraines dans certaines régions du monde. Ceci

peut être la conséquence de contraintes physiques ou de politiques de réduction de la demande. Ceci implique alors une relative hausse des prix des biens intensifs en eau, une modification de la compétitivité de l'ensemble des industries et des régions et, une modification des termes de l'échange (qui deviennent favorables aux régions fortement dotées en eau). Les auteurs simulent plusieurs *scenarii* afin de tester les impacts de restrictions de l'offre d'eau sur les flux d'eau virtuelle, le commerce international et le bien-être.

Il s'agit d'un modèle EGC multi-régional proche du modèle GTAP développé par Hertel (1997) et de la version modifiée par Burniaux et Truong (2002). Le modèle offre une désagrégation fine des industries et des régions (17 secteurs et 16 régions). L'eau est considérée comme une ressource non marchande. Il s'agit d'un modèle statique en concurrence pure et parfaite. Les fonctions de production sont des fonctions CES emboîtées. Les facteurs de production sont les ressources naturelles, la terre, le travail et le capital. Le travail et le capital sont mobiles à l'intérieur des régions mais immobiles au plan international. La terre (imparfaitement mobile) et les ressources naturelles sont spécifiques par secteurs. La fonction d'utilité des ménages est une Cobb-Douglas. Deux secteurs sont traités différemment puisqu'ils ne sont pas indexés aux régions. Il s'agit des transports internationaux qui véhiculent les biens entre les pays et d'une sorte de Banque mondiale qui collecte l'ensemble des épargnes de tous les agents des régions et alloue les investissements.

Dans le modèle, l'énergie (très désagrégée mais dont on ne donne pas le détail ici) et le capital sont combinées par une fonction CES pour donner un composite capital-énergie. Ce composite est combiné par une fonction CES avec le travail, la terre et les ressources naturelles pour donner un composite valeur ajoutée-énergie. Ce composite est alors combiné à la ressource en eau et les consommations intermédiaires pour donner la production industrielle des secteurs, mais à l'instar du modèle GTAP aucune substituabilité n'existe entre la valeur ajoutée et les intrants. À la situation de référence, l'offre d'eau est supposée non contrainte donc, la demande d'eau est plus faible que l'offre, et le prix de l'eau est nul. L'eau est offerte aux secteurs agricoles (secteurs des biens primaires et bétail) et aux secteurs de distribution d'eau qui fournissent l'eau aux autres secteurs de l'économie (sachant que l'eau distribuée peut avoir un prix même si la ressource en eau primaire est en excès d'offre). L'eau est mobile entre les différents secteurs agricoles mais elle est immobile entre l'agriculture et les secteurs de distribution d'eau (secteurs spécifiques) parce que son traitement et sa fourniture sont très différents entre l'agriculture et les autres secteurs.

Le paramètre clé pour définir les régions utilisatrices d'eau est le coefficient d'intensité en eau. Il est défini comme le volume d'eau nécessaire au secteur  $j$  de la région  $n$  pour produire une unité

de bien. Les auteurs utilisent la base de données AQUASTAT pour déterminer le paramètre d'intensité en eau des secteurs de distribution d'eau dans les différents pays.

Le mécanisme à travers lequel est introduit la rareté de l'eau dans le modèle est l'apparition potentielle de rentes associées aux ressources en eau. Si l'offre est insuffisante pour répondre à la demande, les consommateurs seront prêts à payer un certain prix pour accéder à l'eau parce que l'eau a une valeur économique et est nécessaire à la production. Si les ressources en eau sont privatives ou collectives, les propriétaires vont alors recevoir une rente qui va devenir une composante de leur revenu total. Le prix de l'eau est alors défini sur le marché en fonction de l'offre et de la demande. Les auteurs introduisent alors une contrainte sur les montants d'eau qui nécessite la création d'un nouveau marché et d'un nouvel bien échangeable. Ainsi, la demande dépend du prix et les auteurs considèrent qu'une eau plus chère aboutit à une rationalisation de son utilisation et à des substitutions entre l'eau et les autres facteurs.

Quatre *scenarii* sont basés sur une solution de marché où, soit les propriétaires de l'eau peuvent capitaliser leur rente de l'eau, soit les produits de la rente sont redistribués. Dans un cinquième *scenario* appelé « non-marché », les restrictions sur l'offre d'eau impliquent des pertes de productivité. En effet, ces restrictions modifient les échanges des produits agricoles et de l'eau virtuelle. Ces modifications sont d'autant plus fortes si ces restrictions sont importantes et si l'utilisation de l'eau dans la structure productive est rigide. Les pertes de bien-être sont substantiellement plus fortes dans le *scenario* « non-marché ». Les producteurs agricoles contraints par l'eau perdent tandis que les producteurs agricoles non contraints gagnent ainsi que les producteurs industriels. Les résultats aboutissent à la définition de régions gagnantes et perdantes de ces contraintes d'offre d'eau. A cause des distorsions existantes sur les marchés agricoles, les contraintes sur l'offre d'eau pourraient améliorer l'efficacité en terme d'allocation des ressources. Au total, le gain de bien-être peut être plus fort que les pertes localisées dans quelques régions contraintes par la ressource.

## **2.3 La littérature autour des politiques de gestion de la demande (tarification)**

La littérature que nous présentons ici aborde explicitement la question du prix de l'eau, ou des taxes et subventions, ce qui va de pair. Dans un contexte de rareté croissante de l'eau, les modèles EGC développés dans ce cadre recherchent les outils tarifaires permettant d'atteindre une

allocation plus efficace des ressources *via* une politique de gestion de la demande. L'idée est avant tout de considérer que l'eau, ressource rare, a un prix et que ce dernier est souvent pratiqué à un niveau bien inférieur à sa valeur économique réelle. Une analyse en EGC permet alors de simuler différentes politiques tarifaires afin d'en évaluer les impacts à la fois microéconomiques et macroéconomiques. L'intérêt d'une analyse en EGC est aussi de voir si les différents *scenarii* tarifaires de l'eau conduisent à une contraction ou à une expansion de l'économie.

Nous présentons dans un premier temps, les modèles EGC qui ont simulé des chocs « arbitraires » de prix (prix ou taxes). Puis dans un second temps, nous présentons les trois seules études qui, à notre connaissance, ont modélisé et simulé dans des économies appliquées (Maroc et Tunisie) des tarifications théoriques de l'eau (tarification au coût moyen et au coût marginal) afin d'en observer les conséquences réelles.

### 2.3.1 La littérature autour de chocs arbitraires du prix de l'eau

#### 2.3.1.1 Les travaux de Goldin et Roland-Holst (1995)

La première étude qui a simulé des chocs sur les prix de l'eau 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 agricoles. Les deux secteurs agricoles se différencient selon la région en distinguant une zone aride et une zone humide.

À l'état initial, les auteurs posent l'hypothèse d'une allocation non optimale des ressources en eau, liée à une politique inefficace du prix de l'eau d'irrigation.

Dans la structure productive agricole, les auteurs considèrent l'eau comme un facteur primaire de production au même niveau que le travail et le capital. Ces trois facteurs sont combinés par une fonction CES pour former la valeur ajoutée de chacun des secteurs agricoles. Puis, la valeur ajoutée est utilisée dans des proportions fixes avec des inputs intermédiaires (fonction Leontief). Cette spécification peut sembler restrictive puisqu'elle n'offre aucune possibilité de substitution entre les consommations intermédiaires et les facteurs primaires de production (Thabet, 2003). De plus, cette structure productive ne fait pas intervenir la composante terre pourtant essentielle.

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 alii* (1991), 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.

#### 2.3.1.2 Les travaux de Letsoalo, Blignaut, de Wet, de Wit, Hess, Toll et Heerden (2005)

Letsoalo, Blignaut, de Wet, de Wit, Hess, Tol et Heerden (2005) construisent un modèle EGC appliqué à l'Afrique du Sud pour montrer qu'une politique de gestion de la ressource en eau, conduisant à une meilleure allocation de la ressource, permet d'atteindre un triple dividende : la réduction de l'utilisation de l'eau, une plus forte croissance économique et une meilleure répartition des revenus (plus égalitaire). Plus précisément, les auteurs analysent la proposition du Gouvernement sud africain qui consiste à réduire la consommation d'eau en introduisant des surtaxes sur l'eau. Il ne s'agit pas d'une taxe pigouvienne mais de taxes sur l'eau telles que discutées et proposées par le Gouvernement. Les coûts et bénéfices de ces taxes supplémentaires sur l'eau dans l'économie sud africaine sont estimés en mettant l'accent sur la réduction de la pauvreté, puisque le revenu issu des taxes supplémentaires sur l'eau est redistribué de sorte à augmenter le revenu réel des pauvres.

Il s'agit d'un modèle statique. Une structure productive est modélisée en plusieurs étapes : une fonction CES entre les différents types de travail, une fonction CES entre le travail, le capital et la terre et au plus haut niveau, une fonction Leontief entre ce composite et les consommations intermédiaires. À partir d'une base de donnée, les auteurs construisent un vecteur « d'eau taxable » pour chaque secteur de la Matrice de Compatibilité Sociale et un vecteur de taxes supplémentaires sur le volume d'eau utilisé par les différents secteurs. Le premier vecteur inclut tous les volumes d'eau « taxables » aussi bien ceux de l'eau souterraine, de surface ou, de l'eau reçue distribuée par le secteur formel d'eau. Ainsi, en introduisant des taxes supplémentaires sur

l'eau, le but est d'évaluer les changements dans la demande d'eau et le revenu total. Les auteurs simulent plusieurs propositions du Gouvernement : une surtaxe de 10c par m<sup>3</sup> sur l'eau utilisée par la forêt, une surtaxe de 10c par m<sup>3</sup> sur l'eau utilisée par l'agriculture irriguée, une surtaxe de 10c par m<sup>3</sup> sur l'eau utilisée par les industries minières. En contrepartie, trois politiques de redistribution sont testées : une baisse de tous les niveaux de taxes directes sur le capital et le travail, une baisse de tous les niveaux de taxes sur les ventes de la consommation des ménages et, une baisse du taux de taxe sur les ventes de biens alimentaires des ménages.

Le secteur le plus utilisateur d'eau est l'agriculture irriguée ce qui signifie que potentiellement, une taxe sur l'eau utilisée par ce secteur pourrait engendrer un triple dividende (environnemental, économique et réduction de la pauvreté) pour toutes les catégories de ménages si le revenu issu de ce supplément de recettes est redistribué. Les simulations montrent qu'une taxe supplémentaire sur l'eau utilisée par l'agriculture irriguée génère un double dividende lorsque ce revenu est en contrepartie redistribué selon les trois schémas (baisse des taxes directes, taxes indirectes et taxes sur les biens alimentaires). Un triple dividende peut même être obtenu lorsque le revenu issu du supplément de taxe sur l'eau utilisée par l'agriculture irriguée permet en contrepartie de diminuer les taxes sur les biens alimentaires. Un supplément de taxe sur l'eau utilisée par le secteur minier est l'instrument qui permet d'obtenir une plus forte probabilité de réduction de l'eau consommée, d'obtenir un impact positif sur la réduction de la pauvreté et sur l'ensemble de l'économie. De même, une baisse des taxes indirectes, particulièrement sur les biens alimentaires est plus bénéfique qu'une baisse des taxes directes en terme de réduction de la pauvreté.

Les auteurs montrent donc qu'il est possible d'obtenir un triple dividende grâce aux politiques de l'eau, simultanément, en réduisant la rareté de l'eau, en augmentant la croissance économique et, en réduisant la pauvreté.

## 2.3.2 La littérature autour des chocs de tarification théorique de l'eau

### 2.3.2.1 Les travaux de Horridge, Dixon et Rimmer (1993)

Horridge, Dixon et Rimmer (1993) réfléchissent à travers un modèle EGC dynamique sur les décisions de tarification et d'investissements dans le secteur de l'eau que devraient prendre les autorités de Melbourne. La particularité de cette étude est que, contrairement aux autres études qui vont suivre, elle s'applique non pas à un pays mais à une ville (Melbourne). Mais dans la

mesure où elle traite d'une tarification théorique dans un cadre EGC, nous choisissons de la présenter rapidement. D'autant plus que c'est le premier modèle EGC qui a testé une tarification de l'eau au coût marginal.

À Melbourne, les principaux revenus des autorités étaient issus des impôts fonciers et des impôts sur les terres. Les chefs de ménages bénéficiaient d'un quota d'eau gratuite et les charges sur les volumes additionnels étaient faibles. Ainsi, l'utilisation de l'eau était très peu affectée par le prix. Melbourne était l'exemple type d'une gestion de l'offre d'eau. Mais compte tenu de l'anticipation des besoins futurs, les autorités ont réfléchi sur les plans d'investissement et une politique à mener. La plupart des travaux antérieurs ont réfléchi sur les questions de tarification optimale de l'eau et d'investissements en équilibre partiel (Hirshleifer *et alii*, 1969 ; Riodan, 1971 ; Gysi and Loucks, 1971 ; Dandy *et alii*, 1984). Les auteurs formulent un modèle dans lequel la maximisation du bien-être total aboutit à une tarification au coût marginal. Plus précisément ils tentent de calculer les coûts marginaux dans un modèle qui inclut une description plus détaillée des technologies et de la demande que celle des travaux antérieurs. En effet, dans ces derniers, on suppose que l'autorité d'eau vend un bien unique (l'eau) qui est produite à partir de matériaux, de travail et de capital. Les matériaux et le travail sont considérés comme des inputs usuellement supposés proportionnels à la production d'eau jusqu'au point où celle-ci est contrainte par les capacités en capital.

#### 2.3.2.2 Les travaux de Decaluwé, Patry, Savard (1998, 1999, 2001)

Une seconde étude, appliquée au Maroc, est celle qui a été développée par Decaluwé, Patry et Savard (1998, 1999 et 2001). D'après les auteurs, les autorités marocaines ont été forcées de situer la problématique de l'eau au centre de leurs préoccupations en raison d'importantes pressions sur la demande de l'eau au Maroc. Plusieurs facteurs ont contribué à intensifier ces pressions : l'accroissement démographique soutenu, l'urbanisation galopante, des distorsions économiques accentuées telles les subventions au secteur agricole. Le Maroc fait ainsi face à des problèmes récurrents de pénurie d'eau tandis qu'on constate des distorsions dans son allocation entre les usagers. Or, les auteurs rappellent que la plupart des études qui ont abordé la problématique de l'eau sous l'angle d'une meilleure gestion de la demande ont étudié les questions de tarification dans un cadre d'équilibre partiel (Agthe et Billings, 1987 ; Tisdell, 1996). D'après les auteurs, ce cadre ne permet pas de prendre en compte les mécanismes d'interdépendance générale et les effets de rétroaction des décisions des agents sur la structure de la production et de la demande. Une modélisation en EGC offre alors l'opportunité d'étudier les conséquences d'une nouvelle

tarification de l'eau sur l'allocation des ressources et le bien-être collectif afin de saisir les relations d'interdépendance entre les agents.

Les auteurs notent qu'au Maroc, avec des efforts d'investissements importants dans le domaine de l'irrigation, la part budgétaire d'investissements publics liée à l'approvisionnement en eau devrait passer de 25% à 60% à la fin du siècle. Toutefois, à défaut de politiques adéquates de gestion de la demande, ces efforts seront insuffisants pour satisfaire la demande croissante. Ces politiques sont quasi-inexistantes et la tarification de l'eau discriminatoire. Les auteurs évoquent trois raisons justifiant ces distorsions : d'abord la gratuité traditionnelle de l'eau, ensuite les risques de migration urbaine qui pourraient découler d'une hausse du coût de l'eau d'irrigation, et enfin le souci de l'autosuffisance. C'est d'ailleurs pour ces différentes raisons que les autorités marocaines ont du mal à s'attaquer à la gestion de la demande. Par ailleurs, les auteurs indiquent que la variabilité spatiale de la pluviométrie est élevée au Maroc. Les apports en eau sont ainsi très différents selon les régions. Le nord est relativement plus favorisé.

Le modèle élaboré par les auteurs, AQUAM (2001) s'appuie sur une version régionalisée de la MCS du Maroc de l'année 1985 (Grei, 1992). La problématique de la ressource eau est au cœur du modèle. Par hypothèse, il n'y a qu'un producteur d'eau, en l'occurrence, une entreprise d'État ou société d'utilité publique, celle-ci approvisionnant le nord et le sud du pays. 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 MEGC 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). L'eau est produite à partir de deux technologies : la première met à disposition des usagers l'extrait eau à partir des barrages tandis que la deuxième repose sur l'eau issue du pompage et du creusement des puits. 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.

Étant donné l'importance de l'eau comme facteur de production agricole, un soin particulier est apporté à la spécification des fonctions de production agricole. Ces fonctions ont été formulées comme des relations à paliers. Plus précisément, il s'agit d'une fonction CES emboîtée à plusieurs niveaux. Celle-ci s'appuie sur l'argument de Just (1991) selon lequel l'inclusion de possibilités de substitution entre intrants dans la fonction de production agricole est primordiale pour une analyse appropriée de la question de l'eau. Notamment, il apparaît indispensable de représenter des relations de substitution entre l'eau, les facteurs de production et certaines consommations intermédiaires. Au palier inférieur de la structure, on trouve deux niches. Dans la première, nous avons un facteur composite terre-capital représenté sous la forme d'une fonction CES. Dans la deuxième, le facteur composite est représenté sous la forme d'une fonction CES combinant l'eau et les fertilisants. Au palier supérieur, on retrouve sous la forme d'une fonction CES un facteur composite combinant les deux facteurs composites précédents. Ce facteur est combiné au troisième palier, avec le travail dans une relation de production. Au quatrième palier, le facteur qui découle de cette combinaison est lié par une relation de stricte complémentarité aux consommations intermédiaires, ce qui permet de générer le volume de la production agricole. On peut critiquer la manière dont les auteurs ont traité la terre, qui est supposée spécifique à chaque branche de la production agricole. Cette hypothèse est restrictive car il doit y avoir à l'intérieur de chaque région définie par le modèle, une certaine mobilité de ce facteur entre les différentes branches de la production agricole.

Dans la production des branches industrielles, l'eau apparaît comme un intrant distinct et une substitution finie est introduite entre celui-ci et les autres intrants intermédiaires. Les autres secteurs sont modélisés de façon standard.

Plusieurs options de tarification de l'eau sont simulées par les auteurs : une tarification à la Ramsey-Boiteux (celle-ci faisant disparaître l'obligation pour l'État d'accorder une subvention au producteur dès lors que la tarification au coût marginal lui occasionnerait une perte), une tarification au coût marginal et une augmentation arbitraire de 10% du prix de l'eau à usage agricole.

Les simulations effectuées par les auteurs montrent que la tarification Ramsey<sup>85</sup>-Boiteux<sup>86</sup> a l'impact le plus favorable sur la conservation de l'eau au Maroc. Toutefois, 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

---

<sup>85</sup> Ramsey (1927) (voir bibliographie).

<sup>86</sup> Boiteux (1956) (voir bibliographie).

prix de la tarification au coût marginal dans le nord du pays où réside la majorité de la population. Toutefois, la tarification Ramsey-Boiteux a un effet particulièrement dépressif sur la production agricole, qui se traduit notamment par une baisse des exportations du secteur, dont les agrumes.

### 2.3.2.3 Les travaux de Thabet (2003)

Une seconde étude a porté sur la question de la tarification théorique de l'eau, c'est celle de Thabet (2003). Il a construit un modèle EGC appliqué au secteur agricole tunisien pour tester différentes politiques tarifaires de l'eau à usage agricole.

Compte tenu de sa problématique autour de la tarification de l'eau agricole, une réflexion autour de la technologie de production agricole a été largement menée. Tout d'abord, il distingue les activités utilisant la terre irriguée de celles utilisant la terre à sec. Cette distinction a été introduite pour effectuer par la suite des simulations sur les effets d'une tarification binôme personnalisée (rappelons qu'un tarif binôme personnalisé est composé d'un prix au mètre cube d'eau consommée et d'une taxe fixe par hectare irrigué). Dans un premier temps, les producteurs agricoles combinent selon une fonction CES, les engrais à l'eau d'irrigation. Cet agrégat est ensuite combiné dans une CES à un deuxième niveau, au facteur terre agrégée, elle-même obtenue d'une combinaison CES de terre irriguée et à sec. L'agrégat ainsi obtenu est ensuite combiné à un autre intrant composite liant, par le biais d'une CES, le capital, le travail salarié et le travail non salarié pour former à un troisième niveau, une sorte de valeur ajoutée « élargie ». Celle-ci constituée des facteurs primaires et des engrais est utilisée dans des proportions fixes avec le reste des inputs intermédiaires pour définir la production agricole.

Pour le secteur de production et distribution d'eau potable, l'auteur choisit la technologie productive suivante. Il considère que ce secteur achète auprès de l'État de l'eau primaire. Cette eau est par la suite transformée en eau potable selon un processus de production conventionnel. L'eau primaire est combinée en proportions fixes avec l'agrégat issu d'une fonction CES entre le capital et le travail salarié pour former la valeur ajoutée du secteur. Cette dernière est utilisée en proportions fixes avec les autres intrants intermédiaires pour produire l'eau potable. Il existe en effet peu de littérature sur la modélisation de la technologie productive de ce secteur.

Il teste 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.

## Conclusion

En conclusion de ce chapitre, nous pouvons noter que la plupart des études qui ont porté sur la question de la tarification de l'eau se sont principalement concentrées sur celle à usage agricole. En effet, c'est cette dernière qui a le plus souvent été dénoncée comme étant sous tarifiée. Nous constatons aussi qu'il ne s'agit que de modèles statiques ne prenant pas en compte les économies d'échelle du secteur de production d'eau potable.

Au regard de cette littérature, pour traiter de la question de la gestion de la rareté croissante de l'eau au Sénégal, nous proposons :

- 1) De construire un modèle EGC statique permettant de simuler des chocs de sécheresse plus ou moins sévère ;
- 2) De construire un modèle EGC dynamique séquentiel récursif tenant compte de l'évolution future de la demande (croissance démographique) et des ressources en eau ;
- 3) De modéliser un secteur de production d'eau potable en situation de monopole naturel (rendements d'échelle croissants) ;
- 4) De tester et de comparer à court et à long terme, les effets des tarifications au coût moyen et au coût marginal de l'eau potable.

Compte tenu de la réalité sénégalaise, nos deux modèles tiendront compte des spécificités du marché de distribution d'eau potable révélées par notre enquête eau Dakar (2005). Plus précisément, les deux modèles représenteront les trois principaux modes d'approvisionnement en eau potable : le branchement privé, les bornes fontaines et l'informel (regroupant les charretiers, les porteurs d'eau et la revente de voisinage).

Au préalable, la construction des modèles EGC nécessite la construction d'une Matrice de Comptabilité Sociale du Sénégal afin de calibrer les modèles sur une année de référence (1996). C'est pourquoi, nous présentons dans le chapitre suivant la méthodologie que nous avons adoptée pour construire une Matrice de Comptabilité Sociale du Sénégal adaptée à notre problématique. Nous décrivons sa structure afin de présenter toutes les caractéristiques de l'économie sénégalaise à l'année de base (1996). Il est en effet très important de connaître ces caractéristiques initiales puisque, suite aux simulations que nous effectuerons, nous comparerons l'économie après choc de politique, avec l'économie à l'année de base (référence).

# Chapitre 6

## La Matrice de Comptabilité Sociale du Sénégal (1996)

La matrice de comptabilité sociale (MCS) fait partie de la grande famille des tableaux économiques (tableau entrées-sorties, tableau économique d'ensemble, tableau des opérations financières). Elle donne une image de l'interdépendance de l'économie à travers la circulation de flux qui représentent les identités de la comptabilité nationale. La construction d'un modèle EGC destiné à étudier les effets de rétroaction de la ressource en eau sur l'ensemble de l'économie sénégalaise et les impacts des politiques tarifaires, nécessite de disposer d'un cadre de cohérence comptable.

La matrice de comptabilité sociale du Sénégal doit refléter les caractéristiques du marché de l'eau sénégalais et de ses utilisations par les différents ménages et secteurs.

Pour cela nous avons émis les hypothèses suivantes pour représenter au mieux l'utilisation de la ressource primaire au Sénégal. Nous considérons que la ressource en eau primaire est un facteur de production détenu par deux catégories d'agents :

- 1) Une partie de ce stock d'eau primaire est détenue par l'État qui fournit le secteur de production d'eau potable moyennant le paiement d'une redevance d'exhaure que l'on peut considérer aussi comme une rémunération de l'eau primaire représentant le prix implicite de la ressource. Le secteur de production d'eau potable utilise ce facteur de production eau primaire pour transformer la ressource en eau potable. Puis, cette eau potable est consommée comme bien final, intermédiaire et d'investissement par les ménages et les différents secteurs de l'économie.
- 2) L'autre partie du stock d'eau primaire est détenue par les ménages ruraux de la Casamance et du Fleuve qui produisent à l'aide de ce facteur de production du riz irrigué.

Ainsi, le facteur de production eau primaire n'est utilisé que par les secteurs du riz irrigué et de la production d'eau potable : les demandes de facteur eau primaire sont spécifiques par secteur et fixes. Il existe donc deux taux de rendement de l'eau primaire fixés à 1 à l'année de base. Ces rémunérations de l'eau primaire dans les secteurs du riz irrigué et de la production d'eau potable représentent les prix implicites de la ressource pour chacun de ces deux secteurs.

Après avoir exposé la méthodologie de construction de la MCS dans une première section, nous procédons dans une seconde section, à travers les données de la MCS, à une analyse descriptive de l'économie sénégalaise et en particulier du secteur de l'eau.

## **Section 1 : La construction de la MCS, Sénégal (1996)**

La MCS est pour l'essentiel une version agrégée de la matrice de 1996 réalisée par Dansokho et Diouf (1999) et une version désagrégée de la matrice de 1996 réalisée par Cabral (2005).

Le choix de cette période de référence est justifié par le fait que le TES de 1996 construit par la Direction de la prévision et des statistiques (DPS) est le dernier à disposition. Plus précisément, la MCS de Dansokho et Diouf que nous avons à disposition, était constituée de 40 branches que nous avons agrégées en fonction d'un critère d'intensité en eau que nous avons préalablement construit (nous le présentons de façon plus détaillée dans le paragraphe 1.2 de cette section). Puis nous avons repris les mêmes catégories de ménages que celles présentes dans la MCS de Cabral (2005).

Les données issues des documents confidentiels que nous avons pu recueillir dans les archives de la SONES, de la SDE et du Ministère de l'hydraulique lors de deux séjours à Dakar (2004 et 2005) ainsi que, les données issues de l'enquête eau que nous avons réalisée auprès des ménages de Dakar (2005) nous ont permis de procéder à la désagrégation des secteurs de l'eau. En effet, ces données informent sur la structure de consommation en eau des ménages des différentes villes du Sénégal, sur les consommations intermédiaires en eau par les différentes branches de l'économie sénégalaise mais aussi, sur les salaires versés, l'excédent brut d'exploitation et les quantités d'eau primaire utilisées dans le processus de production d'eau potable et de riz irrigué.

Nous présentons d'abord l'architecture générale de la MCS puis nous détaillerons la méthode que nous avons employée pour obtenir cette MCS adaptée à notre problématique.

## 1.1 Architecture générale de la MCS

La MCS que nous avons construite a une dimension  $61 \times 61$  (voir tableau 64 ci-dessous). Les 61 comptes sont classés en six grands groupes :

- 1) Les comptes des facteurs (1 à 4) : on distingue quatre types de facteurs de production (travail, capital, terre et eau primaire). Ces derniers reçoivent des secteurs des revenus qu'ils reversent aux différentes institutions. L'intégralité de la rémunération des facteurs travail et terre ainsi qu'une partie de celle du capital et de l'eau primaire est versée aux ménages. L'autre partie de la rémunération du facteur capital est versée aux firmes et l'autre partie de la rémunération du facteur eau primaire est versée à l'État ;
- 2) Les comptes d'institutions (5 à 15) : la MCS comprend plusieurs catégories d'institutions (les ménages, les firmes, le gouvernement et le reste du monde) ;
- 3) Les comptes d'activités (16 à 30) : les activités sont au nombre de 15. L'agriculture au sens large (primaire) en comporte 5. Il existe 2 secteurs industriels, celui de l'énergie, 4 sous-secteurs de l'eau, 2 sous-secteurs des services marchands et un secteur des services non marchands. Dans cette catégorie de comptes, chaque activité verse des revenus aux facteurs de production (valeur ajoutée) et achète sur le marché domestique les intrants nécessaires à son processus de production (consommations intermédiaires) ;
- 4) Les comptes de produits du marché domestique (31 à 45) : en partant de la relation bi-univoque activité-produit qui caractérise la MCS, tous les extrants des différents secteurs sont échangés sur le marché domestique. Le prix d'achat des services non marchands est, quant à lui, nul sur le marché. Les produits échangés peuvent provenir du reste du monde (importations) et de l'offre domestique (ventes locales) ;
- 5) Les comptes de produits exportés (46 à 60) : on retrouve tous les produits faisant l'objet de transactions sur le marché international dans le compte du marché d'exportation. La valeur des ventes à l'étranger des biens non exportés y est nulle ;
- 6) Les comptes d'accumulation (61) : ils regroupent l'épargne des ménages, des firmes, le solde budgétaire et l'épargne du reste du monde ou le solde de la balance courante. Ces comptes donnent également le montant de la formation brute de capital fixe nette des variations de stocks des différents secteurs de l'économie.

Les différents secteurs retenus dans la MCS adaptée à notre problématique sont les suivants.

Tout d'abord, nous avons désagrégé le secteur agricole en 5 branches : riz irrigué, riz pluvial, maraîchage, pêche et autre agriculture afin de distinguer les secteurs agricoles en fonction de leur utilisation en eau (primaire ou potable).

On a conservé un secteur de l'énergie.

Le secteur de l'eau a été subdivisé en 4 branches. Tout d'abord, nous avons distingué la production d'eau potable de la distribution d'eau potable. Puis dans la distribution d'eau potable, nous avons distingué la distribution *via* le branchement privé, de la distribution *via* les bornes fontaines et enfin, de la distribution informelle d'eau. Cette désagrégation de la distribution d'eau potable en trois segments (branchement privé, borne fontaine et informel) se justifie par la présence forte de ces trois modes d'approvisionnement en eau au Sénégal (révélés par notre enquête eau Dakar, 2005).

À partir du critère d'intensité en eau que nous avons construit (présenté de façon plus détaillée dans le paragraphe 1.2 de cette section), nous avons subdivisé les industries et les services marchands en deux sous-branches (intensives et non intensives en eau).

Enfin, le dernier secteur est celui des services non marchands.

L'intersection des colonnes « branches d'activités » et des lignes « biens et services » constitue le tableau des consommations intermédiaires. Ces consommations intermédiaires, défalquées de la production totale de chaque branche, nous donnent le tableau de la valeur ajoutée. La valeur ajoutée de chaque branche est décomposée en rémunérations des facteurs de production puis est répartie entre les différentes institutions de la MCS.

La valeur ajoutée des secteurs agricoles est répartie entre la rémunération de la main d'œuvre, l'excédent brut d'exploitation, la rente de la terre et de l'eau primaire en utilisant les données provenant du TES de 1996 et de la MCS de Cabral (2005). Parmi les secteurs agricoles, le facteur eau primaire est spécifique au riz irrigué.

La MCS contient 11 institutions. Outre les firmes, le gouvernement et le reste du monde, on y dénombre 8 types de ménages. Ces derniers sont ceux décrits par la MCS de Cabral (2005). Ils sont définis de sorte à mettre en relief leur hétérogénéité selon les différentes zones du Sénégal.

Dans la strate rurale, nous distinguons six groupes classés selon la zone agro-écologique de résidence (voir annexe 9) : Bassin arachidier, Niayes, Casamance, Zone sylvo-pastorale, Fleuve, Sénégal oriental. Les ménages urbains sont ceux de Dakar et des autres centres urbains. Il faut préciser que cette typologie des ménages correspond aussi à des spécificités de consommation d'eau potable dans chacune de ces zones du Sénégal. Nous avons donc réconcilié les données issues de la MCS de Cabral (2005) avec celles issues des sociétés d'eau (SONES et SDE) sur la consommation des ménages dans les différentes villes du Sénégal (voir annexe 10).

Dans le compte d'accumulation, les recettes incorporent l'épargne de l'ensemble des institutions. Les dépenses représentent la formation brute de capital fixe nette des variations de stocks.

La ligne « reste du monde » indique les recettes du reste du monde (RDM) provenant des importations sénégalaises de biens et services (intersection ligne RDM avec la colonne biens et services « marché domestique »). Elle comprend aussi les transferts courants vers l'extérieur en provenance d'institutions sénégalaises (intersection avec la colonne institution). La colonne « reste du monde » retrace les dépenses du reste du monde. Elles portent sur les exportations sénégalaises (intersection de la colonne RDM avec la ligne biens et services) et les transferts courants de l'extérieur aux institutions sénégalaises. L'épargne du reste du monde (épargne extérieure) apparaît à l'intersection des dépenses du compte courant et des recettes du compte capital du reste du monde.

En résumé, la MCS comprend 15 activités, 15 produits et 8 classes de ménages. La décomposition de l'agriculture en 5 secteurs et la prise en compte des facteurs eau et terre sont dictés par l'importance de la ressource dans les secteurs agricoles. De même, il fallait distinguer les industries et services marchands intensifs, des non intensifs en eau. Enfin, il fallait prendre en compte l'hétérogénéité des structures de consommations d'eau potable ce qui justifie la désagrégation du secteur de l'eau en quatre branches. Ceci permettra alors de comprendre comment la disponibilité de la ressource primaire et la structure des différents prix de l'eau potable aux différents modes d'approvisionnement (branchement privé, borne fontaine et informel) affecteront d'une part, les ménages et d'autre part, les secteurs utilisateurs de la ressource.

**Tableau 64 : Structure générale de la MCS du Sénégal**

	Facteurs de production	Institutions Ménages Firms Etat RDM	Activités productives	Marché domestique	Marché d'exportation	Accumulation
Facteurs de production			Répartition de la valeur ajoutée			
Institutions - Ménages - Firms - Etat - RDM	Revenus des facteurs	Transferts et dividendes Divid et impôts dir versés Transferts Impôts directs reçus Transferts et dividendes		Impôts indirects Importations		
Activités productives				Ventes locales	Exportations	
Marché domestique		Consommation finale des ménages et des APU	Consommations intermédiaires			Formation brute de capital fixe
Marché d'exportation		Exportations				
Accumulation		Epargne				
Total	Revenus des facteurs	Dépenses des institutions	Offre au coût de production	Produit composite	Exportations agrégées	Investissements agrégés

## 1.2 Méthodologie adoptée pour la construction de la MCS

Cette section traite de la méthodologie utilisée pour construire les différents comptes de la MCS du Sénégal de l'année 1996.

### 1.2.1 Le choix d'un critère d'intensité en eau

Comme nous l'avons dit précédemment, nous avons tout d'abord utilisé la MCS de Dansokho et Diouf (1999) qui comportait 40 branches. Nous avons essentiellement retravaillé les branches non agricoles de cette MCS.

Pour chacune des branches non agricoles, nous avons calculé un coefficient d'intensité en eau. Ce coefficient est le rapport entre la consommation intermédiaire d'eau utilisée par la branche  $j$  et la somme des consommations intermédiaires totales de la branche  $j$  (voir équation ci-dessous) :

$$\frac{CI_{eau,j}}{CI_j}$$

Puis, nous avons calculé pour les branches industrielles d'une part, et pour les services marchands d'autre part, un coefficient moyen d'intensité en eau (moyenne de tous les coefficients d'intensité en eau).

Ces deux coefficients moyens d'intensité en eau sont alors devenus nos deux critères d'intensité en eau pour séparer d'une part, les branches industrielles intensives des branches industrielles non intensives en eau et d'autre part, les services marchands intensifs des services marchands non intensifs en eau. Simplement, lorsque le coefficient d'intensité en eau d'une branche était inférieur au coefficient moyen alors la branche était considérée comme non intensive en eau. Lorsque le coefficient d'intensité en eau de la branche était supérieur au coefficient moyen alors la branche était considérée comme intensive en eau.

Ainsi en agrégeant les branches en fonction de ces deux critères, nous avons obtenus deux secteurs industriels (les secteurs industriels intensifs et non intensifs en eau) et, deux secteurs de services marchands (les services marchands intensifs et non intensifs en eau).

### 1.2.2 La désagrégation de la branche électricité, gaz et eau

Dans la MCS initiale de Dansokho et Diouf (1996), il n'existait pas de branche eau potable à part entière. En effet, la branche n°28 incluait à la fois l'électricité, le gaz et l'eau potable. Cependant, nous avons les données complètes du TES et TEE de 1996. Ceux-ci comportent en effet 72 branches et distinguent la branche pétrole-gaz naturel, de la branche électricité et de la branche eau. L'analyse des chiffres (consommations intermédiaires, consommation finale, variations de stocks, exportations, production, importations, droits de douane et TVA) a montré que l'eau représentait 20% du total des trois branches pour chacune de ces composantes. Ainsi, nous avons d'abord utilisé la clé de répartition suivante pour désagréger la branche n°28 : 0,2 pour l'eau et 0,8 pour l'autre énergie.

Compte tenu que les chiffres (en termes réels) dataient de 1996 et qu'à cette date le prix de l'eau était très faible (rappelons qu'il a augmenté de 3% par an entre 1996 et 2003 suite à la réforme), nous avons revalorisé les données relatives aux différentes composantes du TES de la branche eau de 20%. Une fois que les données eau ont été revalorisées de 20%, nous avons vérifié leur cohérence avec les données brutes fournies par la SONES et la SDE (sur les salaires etc.). En effet suite à la revalorisation, les chiffres étaient devenus beaucoup plus cohérents avec les données sectorielles.

### 1.2.3 La désagrégation de la branche eau en production et distribution d'eau potable

Compte tenu de notre problématique, nous avons dû distinguer le secteur de production d'eau potable (qui grâce au facteur de production eau primaire transforme la ressource en eau potable), du secteur de distribution d'eau potable (fournit le service de distribution d'eau potable).

Grâce aux données que nous avons pu recueillir à la SONES et à la SDE (une base de données excel avec des tableaux comportant les produits d'exploitation, les charges d'exploitation, le détail de l'actif et du passif de la SONES et de la SDE), nous avons défini une clé « réaliste » de répartition : 0,4 pour la production d'eau potable (la SONES en quelque sorte) et 0,6 pour la distribution d'eau potable (la SDE en quelque sorte).

Nous avons utilisé cette clé de répartition pour tous les agrégats sauf pour la consommation finale et les consommations intermédiaires. En effet, on a considéré que l'eau potable produite

(par la SONES) ne serait pas consommée directement comme bien final par les ménages. Plus précisément, l'eau potable produite a été considérée consommée comme bien intermédiaire uniquement par les secteurs de la distribution d'eau potable au branchement privé et à la borne fontaine, chargés de la fourniture du service.

#### 1.2.4 La désagrégation de la branche distribution d'eau potable

Compte tenu de la coexistence qui demeure importante à Dakar entre trois modes d'approvisionnement en eau (voir les résultats de l'enquête eau Dakar (2005) que nous avons présentés en première partie de la thèse), nous avons tenu à représenter un tel marché de distribution d'eau potable.

Pour déterminer les parts du branchement privé, de la borne fontaine et de l'informel (dans lequel on inclut la revente de voisinage) dans la distribution d'eau potable totale, nous avons choisi une première clé de répartition qui est la suivante : 0,6 pour le branchement privé, 0,2 pour les bornes fontaines et 0,2 pour l'informel. Le choix de cette clé émane d'un compromis entre les données sectorielles fournies par la SONES et la SDE sur les consommations finales des ménages et les consommations intermédiaires par les différents secteurs, les données issues de l'enquête de consentement à payer menée à Dakar (Banque mondiale, 1997), les données de notre propre enquête auprès des ménages menée à Dakar en 2005 et, les données issues d'une étude sur la demande en eau au Sénégal (*Management System Consultants Corp*, 1998).

Cette clé a été utilisée dans un premier temps pour désagréger la consommation finale, les consommations intermédiaires, les ventes locales. Mais dans un second temps, certaines données ont été réajustées à partir des données sectorielles (SONES, SDE) c'est notamment le cas des salaires et de l'EBE des différents segments de la distribution d'eau potable.

Enfin, nous avons mené un travail conséquent sur la ventilation de la consommation d'eau potable au branchement privé, à la borne fontaine et à l'informel pour chaque catégorie de ménage. En effet, nous disposons des données sur les consommations en volume des ménages au branchement privé et à la borne fontaine dans chaque ville du Sénégal (voir annexe 10). Nous avons alors pu agréger les consommations de plusieurs villes pour obtenir les consommations dans les zones correspondant à celles de la MCS.

### 1.2.5 Le passage de l'investissement par origine à l'investissement par destination pour le modèle dynamique

Dans le modèle SENEAU statique, nous utilisons les demandes de capital et les investissements par origine (demandes d'investissement en biens). Cependant dans le modèle dynamique, nous utilisons les stocks de capital et les investissements par destination (par secteur). Le passage au modèle dynamique a donc nécessité le calcul des investissements par destination, données dont nous ne disposions pas pour le Sénégal.

La méthode utilisée a donc été la suivante. Nous avons calculé les coefficients représentant les parts des demandes de capital des secteurs  $j$  dans l'offre totale de capital. Ces coefficients ont alors permis de calculer les investissements par destination. Il suffisait en effet de multiplier le coefficient obtenu pour le secteur  $j$  par le montant de l'investissement total : ainsi, on obtenait l'investissement du secteur  $j$ .

Maintenant que nous avons présenté l'architecture globale et la méthodologie de construction de la MCS, nous analysons dans la section suivante la structure de l'économie sénégalaise à l'année de référence (1996).

## **Section 2 : Structure de l'économie sénégalaise : les enseignements de la MCS**

L'objet de cette section est d'apporter une analyse descriptive de l'économie sénégalaise, en particulier des secteurs agricoles et de l'eau à l'aide des résultats empiriques de la MCS de 1996. Plusieurs enseignements peuvent être tirés de la MCS : la répartition de la valeur ajoutée entre les différentes branches et facteurs de production, les intensités en eau potable des secteurs, les secteurs d'activité, les relations interbranches, la contribution des secteurs à l'assiette d'impôts indirects, la structure de la demande des produits, la structure des échanges extérieurs, les sources d'affectation des revenus des ménages, les autres institutions et enfin, les leçons de la MCS sur le secteur de l'eau sénégalais.

## 2.1 Répartition de la valeur ajoutée entre les branches de production et les facteurs de production

Le tableau 65 donne la contribution de chaque branche à la formation de la valeur ajoutée brute (VAB). Les services marchands non intensifs en eau représentent 23,70% de la VAB tandis que les services marchands intensifs en eau en représentent 22,97%. L'ensemble du secteur primaire représente 24,17% de la VAB. Parmi les secteurs primaires, l'autre agriculture représente 13,36% de la VAB de l'économie, la pêche 4,58%, le riz irrigué 3,23%, le maraîchage 2,93% et le riz pluvial 0,07%. Puis, les industries intensives et non intensives en eau représentent respectivement 9,36% et 9,11%. L'ensemble des secteurs de l'eau représentent 3,02% de la VAB de l'économie avec respectivement, 1,14% pour la production d'eau potable, 1,39% pour la distribution d'eau au branchement privé, 0,20% pour la distribution d'eau aux bornes fontaines et 0,29% pour la distribution informelle d'eau potable. Enfin, les services non marchands représentent 6,49% de la VAB totale.

**Tableau 65 : 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 <sup>87</sup>	573445	11,76	243892	9,36	42,53
INIE <sup>88</sup>	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 <sup>89</sup>	980868	20,12	598784	22,97	61,05
SMNIE <sup>90</sup>	1041775	21,37	617927	23,70	59,31
SNM <sup>91</sup>	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

<sup>87</sup> IIE : Industrie Intensive en Eau.

<sup>88</sup> INIE : Industrie Non Intensive en Eau.

<sup>89</sup> SMIE : Services Marchands Intensifs en Eau.

<sup>90</sup> SMNIE : Services Marchands Non Intensifs en Eau.

<sup>91</sup> SNM : Services Non Marchands.

Le tableau 66 renseigne sur la contribution de chaque facteur (travail, capital, terre et eau primaire) dans la valeur ajoutée. Au niveau total, le capital représente 56,69%, le travail 40,62%, la terre 1,23% et l'eau primaire 1,45%. La contribution des facteurs terre et eau primaire est donc relativement faible par rapport à celle des facteurs travail et capital. Seuls les secteurs du riz irrigué et de la production d'eau potable utilisent le facteur eau primaire. Ce dernier représente respectivement 33,78% et 32,02% de la VAB des secteurs du riz irrigué et de la production d'eau potable. La VAB du riz irrigué est aussi constituée à 9,46% par le facteur terre, à 12,28% par le facteur travail et à 44,48% par le facteur capital. Le riz irrigué est donc un secteur relativement intensif en eau et capital. Le secteur de production d'eau potable est aussi un secteur relativement intensif en eau et capital puisque sa VAB est aussi constituée à 14,82% et 53,16% par les facteurs travail et capital.

En dehors du riz irrigué, tous les autres secteurs primaires sont relativement intensifs en travail. En effet, le facteur travail représente respectivement 57,34%, 59,29%, 53,72% et 61,43% de la VAB pour le riz pluvial, le maraîchage, la pêche, et l'autre agriculture. Tandis que le facteur capital représente respectivement pour ces mêmes secteurs 30,54%, 35,83%, 46,28% et 32,75%. Parmi les secteurs primaires, la terre est le plus accaparée par le riz pluvial puisque ce facteur représente 12,13% de la VAB de ce secteur alors qu'il ne représente que 4,88% et 5,81% de la VAB du maraîchage et de l'autre agriculture.

Les autres secteurs formels de l'eau sont intensifs en capital : ce facteur représente 81,45% et 60,75% des VAB des secteurs de distribution au branchement privé et aux bornes fontaines tandis que le facteur travail n'y représente que 18,55% et 39,25%. Le secteur de la distribution de l'eau potable aux bornes fontaines est donc plus intensif en travail que celui au branchement privé. Mais, le secteur de distribution informelle d'eau potable encore plus intensif en travail. En effet, le facteur travail représente 88,65% de la VAB de ce secteur tandis que le facteur capital n'en représente que 11,35%.

Les secteurs industriels sont plus intensifs en capital. Le facteur capital représente 81,37% et 67,09% de la VAB des secteurs de l'industrie intensive et non intensive en eau tandis que le facteur travail n'en représente que 18,63% et 32,91%. Le capital représente 82,09% de la VAB de l'autre énergie et le travail 17,91%.

Enfin, les secteurs des services marchands sont aussi plus intensifs en capital puisque le facteur capital représente respectivement 55,80% et 77,12% de la VAB des services marchands intensifs et non intensifs en eau alors que le travail n'en représente que 44,20% et 22,88%.

Au total, les secteurs relativement les plus intensifs en travail sont la distribution informelle d'eau et les secteurs primaires (en dehors du riz irrigué). Les secteurs relativement les plus intensifs en capital sont l'autre énergie, la distribution d'eau potable au branchement privé et l'industrie non intensive en eau. Le secteur relativement plus intensif en terre est le riz pluvial.

**Tableau 66 : 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

## 2.2 Les intensités en eau potable des secteurs de l'économie sénégalaise

Le tableau 67 nous indique les consommations intermédiaires en eau potable des différentes branches. Chaque branche peut consommer dans son processus de production soit directement l'eau potable produite, soit de l'eau potable distribuée par le réseau de branchements privé, soit de l'eau potable distribuée par les bornes fontaines ou enfin, de l'eau potable distribuée par le secteur informel de l'eau. En additionnant les différentes consommations intermédiaires d'eau potable et en divisant cette somme par les consommations intermédiaires totales de la branche, on obtient la part de l'eau potable dans les consommations intermédiaires totales des branches et donc, les intensités en eau des différents secteurs.

**Tableau 67 : 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

Le tableau 67 montre que la distribution informelle d'eau potable est le secteur le plus intensif en eau (100%). Puis, les secteurs de distribution d'eau potable au branchement privé et aux bornes fontaines sont intensifs en eau à hauteur de 77% et 70,4%. En dehors de ces secteurs, le maraîchage est le quatrième secteur le plus intensif en eau (58,8%). Puis, les autres secteurs relativement intensifs en eau sont l'industrie intensive en eau (5,3%), l'autre énergie (4,6%) et les services marchands intensifs en eau (2,6%).

Au total, l'eau potable représente 4,1% de toutes les consommations intermédiaires de l'économie.

## 2.3 Les secteurs d'activité

Plusieurs enseignements peuvent être tirés de l'activité de production des différentes branches. Les données suivantes sont exprimées en millions de FCFA.

### Riz irrigué (RI)

La branche riz irrigué génère une valeur ajoutée (VAB) au coût des facteurs de 84 148. Les facteurs travail, capital, terre et eau utilisés par cette branche sont rémunérés à hauteur respectivement de 10 336, 37 427, 7 964 et 28 421. Ses consommations intermédiaires sont estimées à 8 180 soit une production au coût des facteurs de 92 328. Cette branche vend une partie de sa production sur le marché local (92 194) et le reste sur le marché d'exportation (134). Ce produit fait l'objet d'une importation au coût CAF de 89 928. Il supporte 8 330 d'impôts indirects nets des subventions dont les droits de douane. Le cumul du produit local au coût des facteurs, des importations CAF en riz irrigué et des impôts indirects donne la valeur du produit composite « riz irrigué » (190 452). Il indique la valeur au prix du marché des ressources de l'économie en produit « riz irrigué ». Celles-ci sont utilisées à des fins de demande intermédiaire (5 755) et de consommation finale (184 697).

La valeur ajoutée brute représente 91,14% de la production de cette branche et les consommations intermédiaires, 8,86%.

### Riz pluvial (RP)

Ce secteur génère une VAB au coût des facteurs de 1 847. Les rémunérations des facteurs travail, capital et terre utilisés par cette branche sont respectivement de 1 059, 564 et 224. Sa consommation intermédiaire est évaluée à 2 321 soit une production au coût des facteurs de 4 168. Cette branche vend l'intégralité de sa production sur le marché local. Elle ne procède à aucune vente sur le marché extérieur. De même, il n'existe pas d'importation de ce produit. Les impôts indirects nets des subventions payés par cette branche sont nuls. Ainsi la valeur du produit composite est de 4 168. Ces ressources de l'économie en produit « riz pluvial » sont utilisées à des fins de demande intermédiaire (323), de consommation finale (2 754), et d'investissements (y compris la variation des stocks) (1 091).

La valeur ajoutée brute représente 44,31% de la production de cette branche et les consommations intermédiaires, 55,69%.

## **Maraîchage (MA)**

L'activité de production du maraîchage génère une VAB au coût des facteurs de 76 328. Celle-ci est ventilée en rémunération du travail (45 257), du capital (27 349), et de la terre (3 722). Ses consommations intermédiaires sont de 13 020 soit une production totale au coût des facteurs de 89 348. Cette production fait l'objet de ventes locales (88 624) et d'exportations marginales (724). Les importations de maraîchage sont estimées à 4 409. Les impôts indirects nets des subventions collectées sur ce bien sont de 2 830. Le produit composite constitué des ventes de maraîchage local et des importations CAF (y compris les impôts indirects) est de 95 863. Ces disponibilités permettent de satisfaire la demande intermédiaire pour ce bien (9 126) et la consommation finale (86 737).

La valeur ajoutée brute représente 85,43% de la production de cette branche tandis que les consommations intermédiaires en constituent 14,57%.

## **Pêche (PEC)**

Le secteur de la pêche verse au compte du facteur travail 64 186 et au compte du facteur capital 55 288. La VAB au coût des facteurs du secteur est alors estimée à 119 474. Les consommations intermédiaires du secteur sont de l'ordre de 31 111 d'où une production au coût des facteurs estimée à 150 585. L'offre est répartie en vente intérieure (119 967) et en exportations (30 618). Les importations du secteur se chiffrent à 10 867. Les impôts indirects collectés sur les produits de la pêche sont nuls. Le produit composite de la branche est de l'ordre de 130 834. Ces disponibilités en produits de la pêche sont utilisés pour satisfaire la demande intermédiaire (52 048) et la consommation finale (78 786).

La valeur ajoutée brute représente 79,34% de la production de cette branche et les consommations intermédiaires, 20,66%.

## **Autre agriculture (AA)**

La branche « autre agriculture » est composée du reste des sous-branches agricoles. Dans cette catégorie, sont regroupés le maïs, le mil/sorgho, les arachides, les tubercules, le coton, l'élevage, la forêt, le niébé, le manioc, le fonio, le gombo, le sésame, l'asperge, le tabac et le blé. La valeur ajoutée de cette branche évaluée au coût des facteurs est estimée à 348 243. Les rémunérations versées au facteur travail, capital et terre sont respectivement de 213 940, 114 056 et 20 247. Les

consommations intermédiaires de la branche sont estimées à 103 913. Sa production se chiffre alors à 452 156. Celle-ci est en partie vendue sur le marché intérieur (438 458) et sur le marché extérieur (13 698). Les importations sont estimées à 47 903. Les impôts indirects sur les produits de cette branche sont chiffrés à 7 332. Le produit composite est donc égal à 493 693. Les disponibilités en produits de la branche « autre agriculture » sont utilisées pour satisfaire la demande intermédiaire (270 235), la consommation finale (206 458) et les demandes d'investissements (y compris les variations de stocks) (17 000).

La valeur ajoutée brute représente 77,02% de la production de cette branche tandis que les consommations intermédiaires, 22,98%.

### **Industrie intensive en eau (IIE)**

L'industrie intensive en eau est représentée par les activités extractives, la fabrication de boissons, la fabrication de produits à base de tabac, l'égrenage de coton et fabrication de textiles, la fabrication de cuir, la fabrication de papier et carton, la fabrication de produits chimiques, la fabrication de produits en caoutchouc, la fabrication de verre et poterie, la construction de matériels de transports, et la fabrication de produits divers.

La production au coût des facteurs de cette branche est égale à 573 445. Ses consommations intermédiaires sont de l'ordre de 329 553 et sa valeur ajoutée est de 243 892. Cette dernière est reçue par le compte de travail et de capital pour des montants respectifs de 45 439 et 198 453. Une partie de la production de cette branche est vendue sur le marché intérieur (370 086) et une autre est exportée (203 359). Les importations de produits de l'industrie intensive en eau atteignent 353 712. Les impôts indirects collectés sur ces produits sont de l'ordre de 92 907. Le produit composite de la branche se chiffre alors à 816 705. Les disponibilités totales en produits de cette branche sont utilisées aux fins de demandes intermédiaires (552 897), de consommation finale (239 470) et de demande d'investissements (y compris la variation de stocks) (24 338).

La valeur ajoutée brute représente 42,53% de la production de cette branche et les consommations intermédiaires, 57,47%.

### **Industrie non intensive en eau (INIE)**

L'industrie non intensive en eau est représentée par la transformation et conservation de viande et poisson, la fabrication de corps gras alimentaires, le travail de grains et fabrication de produits,

la fabrication de produits alimentaires, la fabrication de sucre et transformation, la fabrication de produits alimentaires, le travail du bois et fabrication d'articles, le raffinage du pétrole et la cokéfaction, la métallurgie, fonderie, fabrication, la fabrication de machines, la fabrication d'équipements, d'appareils et la construction.

Sa valeur ajoutée brute au coût des facteurs est estimée à 237 378 tandis que ses consommations intermédiaires sont de 742 276 soit une production de 979 654. Cette activité productive verse au compte travail 78 127 et au compte capital 159 251. Une partie est vendue sur le marché intérieur (744 463) et une autre partie sur le marché extérieur (235 191). Les importations sont évaluées à 450 252 d'où un produit composite d'une valeur de 1 314 196. En effet, le montant des impôts indirects collectés par l'État sur les produits de ce secteur atteignent 119 481. L'offre globale du secteur est ainsi utilisée aux fins de demande intermédiaire (581 832), de consommation finale (314 821) et de demande d'investissements (y compris la variation de stocks) (417 543).

La valeur ajoutée brute représente 24,23% de la production de cette branche et les consommations intermédiaires, 75,77%.

### **Autre énergie (EG)**

Les facteurs travail et capital reçoivent respectivement 5 571 et 25 543 du secteur de l'autre énergie. La valeur ajoutée au coût des facteurs de cette activité productive est ainsi de 31 114 tandis que ses consommations intermédiaires sont égales à 38 965, soit une production de 70 079. La totalité de celle-ci est vendue sur le marché intérieur. Il n'y a aucune exportation ni importation de ce produit. Les impôts indirects collectés par l'État sont de l'ordre de 4 509 d'où une valeur du produit composite égale à 74 588. L'offre globale du produit est utilisée à des fins de demande intermédiaire (45 194), de consommation finale (29 050) et de demande d'investissements (y compris la variation de stocks) (344).

La valeur ajoutée brute représente 44,40% de la production de cette branche et les consommations intermédiaires, 55,60%.

### **Production d'eau potable (PE)**

Les facteurs travail, capital et eau primaire reçoivent respectivement 4 389, 15 744 et 9485 du compte de production du secteur. La valeur ajoutée au coût des facteurs de cette activité productive est ainsi de 29 618 tandis que ses consommations intermédiaires sont égales nulles, soit une production de 29 618. La totalité de cette production est vendue sur le marché intérieur.

La production d'eau potable ne fait ni l'objet d'exportation ni d'importation. Les impôts indirects collectés par l'État sur la vente de ce bien atteignent 9 093. Ainsi, la valeur du produit composite est de 38 711. L'offre globale d'eau potable produite est utilisée uniquement à des fins de demande intermédiaire par les autres secteurs (38 711).

La valeur ajoutée brute représente 100% de la production du secteur puisqu'on considère nulles les consommations intermédiaires.

### **Distribution d'eau potable au branchement privé (BP)**

Le compte de production de cette branche distribution d'eau potable au branchement privé verse au facteur travail 6 727 et au capital, 29 534. La valeur ajoutée au coût des facteurs de la branche est donc de 36 261 tandis que les consommations intermédiaires représentent 42 619, soit une production de 78 880. La totalité de cette production est destinée au marché intérieur et ce produit ne fait pas l'objet d'importation. Les impôts indirects collectés sur cette eau potable distribuée par le réseau de branchement privé s'élèvent à 1 368. Le produit composite atteint alors 80 248. Ces disponibilités en eau potable distribuée par le raccordement domiciliaire sont utilisées comme consommation intermédiaires (51 094) ou comme consommation finale (29 154). La valeur ajoutée brute représente 45,97% de la production de la branche et les consommations intermédiaires, 54,03%.

### **Distribution d'eau potable aux bornes fontaines (BF)**

Cette branche a une production évaluée à 13 311. Ses consommations intermédiaires se chiffrent à 8 154 et sa valeur ajoutée au coût des facteurs est de 5 157. Elle est versée au compte du facteur travail (2 024) et du capital (3 133). La totalité de la distribution d'eau potable aux bornes fontaines est vendue sur le marché intérieur. Il n'existe pas d'importation pour ce bien. Les impôts indirects recueillis par l'État sur ce bien s'élèvent à 586, ce qui donne un produit composite d'une valeur de 13 897. L'offre globale de distribution d'eau potable aux bornes fontaines permet de satisfaire à la fois la demande intermédiaire (1 523) et la consommation finale des ménages (1381). Elle permet aussi de répondre à la demande d'investissement pour un montant de 10 993.

La valeur ajoutée brute représente 38,74% de la production de cette branche et les consommations intermédiaires, 61,26%.

### **Distribution informelle d'eau potable (DIE)**

La branche du secteur informel d'eau potable a une valeur ajoutée brute qui s'évalue à hauteur de 7 513. Les comptes des facteurs travail et capital reçoivent respectivement 6 660 et 853 du compte de l'activité. La production au coût des facteurs de la branche est de 7 593 avec des consommations intermédiaires d'une valeur de 80. Cette production est totalement destinée au marché local. Il n'existe ni exportation ni importation de ce bien. De même, compte tenu qu'il s'agit d'une activité informelle, aucune taxe indirecte n'est prélevée par l'État. Ainsi, la valeur du produit composite s'élève à 7 593. Cette offre permet de répondre à la demande intermédiaire (1 487) et à la consommation finale (6 106).

La valeur ajoutée brute représente 98,95% de la production de la branche et les consommations intermédiaires, 1,05%.

### **Services marchands intensifs en eau (SMIE)**

Les services marchands intensifs en eau sont représentés par les services d'hébergement et restauration, les services financiers, les activités de services aux entreprises, et l'éducation et formation.

Cette branche (avec les services marchands non intensifs en eau) occupe une place relativement importante dans l'activité productive. Elle concourt plus aux paiements des facteurs de production avec des montants respectifs de 264 633 et 334 151 versés aux comptes des facteurs travail et capital. La valeur ajoutée au coût des facteurs de la branche est évaluée à 598 784. Ses consommations intermédiaires sont de l'ordre de 382 084 et sa production est alors estimée à 980 868. La production fait l'objet d'une vente sur le marché domestique (897 721) et extérieur (83 147). Les importations de services marchands intensifs en eau atteignent 35 287. Les impôts indirects recueillis sur ses services sont évalués à 32. Le produit composite est ainsi estimé à 933 040. L'offre globale des services marchands intensifs en eau est utilisée à des fins de satisfaction de demande intermédiaire (449 806), de consommation finale (92 060) et de demande d'investissement (y compris la variation de stock) (391 174).

Il convient de noter que ce secteur comprend une branche fictive à laquelle est attribuée l'ensemble des consommations intermédiaires de services bancaires imputés ainsi que la branche commerce.

La valeur ajoutée brute des services marchands intensifs en eau représente 61,05% de la production de la branche et les consommations intermédiaires, 38,95%.

### **Services marchands non intensifs en eau (SMNIE)**

Les services marchands non intensifs en eau sont représentés par les services de la réparation, les transports, les postes et télécommunications, les activités immobilières, et les activités à caractère collectif ou personnel.

Cette branche, comme la précédente, occupe aussi une place prépondérante dans l'activité productive. La production au coût des facteurs de cette branche est égale à 1 041 775. Ses consommations intermédiaires représentent 423 848 et sa valeur ajoutée est de 617 927. Cette dernière est reçue par le compte travail et capital pour des montants respectifs de 141 381 et 476 546. Une partie de la production de cette branche est vendue sur le marché intérieur (912 008) et une autre est exportée (129 767). Les importations sont de l'ordre de 51 106. Les impôts indirects collectés par l'État s'élèvent à 517. Ainsi, le produit composite de la branche se chiffre à 963 631. Cette offre globale permet de répondre à la demande intermédiaire (208 927), à la consommation finale (300 528) et à la demande d'investissement (454 176).

La valeur ajoutée brute représente 59,31% de la production de cette branche et les consommations intermédiaires, 40,69%.

### **Services non marchands (SNM)**

Les services non marchands sont représentés par les activités d'administration publique, les activités de santé et d'action sociale (sécurité, justice, représentation à l'étranger). La valeur ajoutée de cette branche s'élève à 169 076. Ses services non marchands sont produits par l'État et financés par les recettes fiscales. La production de ces services non marchands est égale à 311 910. Elle comprend les salaires (169 076) et les consommations intermédiaires en biens et services (142 834). La production de services non marchands est composée des salaires administratifs et des achats de biens et services.

La valeur ajoutée brute représente 54,21% de la production de cette branche et les consommations intermédiaires, 45,79%.

## 2.4 Les relations interbranches

Le tableau 68 suivant décrit l'ensemble des relations inter-branches, c'est-à-dire les consommations intermédiaires en biens et services par les différents secteurs de l'économie. On observe que les produits les plus prédominants dans les liens inter-branches sont ceux des industries intensives et non intensives en eau. Les produits agricoles les plus consommés par les secteurs sont ceux de la pêche et de l'autre agriculture. Les services marchands intensifs et non intensifs en eau sont aussi beaucoup demandés.

Enfin, l'eau potable produite est consommée comme intrant uniquement par les secteurs de distribution d'eau potable au branchement privé (32 969) et aux bornes fontaines (5 742).

Puis, cette eau distribuée par le réseau de branchement privé est consommée comme intrant par le maraîchage (4 771), la pêche (222), l'industrie intensive en eau (17 380), l'industrie non intensive en eau (10 380), l'autre énergie (1 791), les services marchands intensifs et non intensifs en eau (respectivement 10 051 et 4 459) et enfin les services non marchands (2 040). Cette eau potable distribuée par le réseau de branchement privé est donc principalement consommée comme intrant par les industries, les services et le maraîchage.

L'eau potable distribuée par le réseau des bornes fontaines est consommée comme intrant par le secteur du maraîchage (1 443), et le secteur informel d'eau potable. En effet, les opérateurs informels (charretiers) s'approvisionnent auprès des bornes fontaines pour ensuite revendre l'eau. Enfin, l'eau potable distribuée par le secteur informel est consommée comme intrant par le maraîchage (1 443) et la pêche (43).

**Tableau 68 : Tableau des entrées-sorties des flux intermédiaires, 1996, Sénégal (en millions de FCFA)**

	RI	RP	MA	PEC	AA	IIE	INIE	EG	PE	BP	BF	DIE	SMIE	SMNIE	SNM
RI	1289	0	0	0	0	1	21	0	0	0	0	0	1975	2469	0
RP	0	323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA	0	0	1824	0	0	6	1737	0	0	0	0	0	2079	2601	879
PEC	0	0	0	3402	0	1363	32356	0	0	0	0	0	5364	6706	2857
AA	285	118	934	0	43 022	15 050	170 777	0	0	0	0	0	30 692	8 198	1 159
IIE	3 518	1 288	1 635	17 021	10 451	133 891	169 430	5 255	0	1 042	260	0	55 598	63 720	89 788
INIE	0	134	311	1 541	9 694	40 059	216 057	25 181	0	6 202	1 551	0	104 509	155 292	21 301
EG	99	37	47	796	410	15 454	5 745	512	0	413	103	0	13 243	5 275	3 060
PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32 969	5 742	0	0	0	0
BP	0	0	4 771	222	0	17 380	10 380	1 791	0	0	0	0	10 051	4 459	2 040
BF	0	0	1 443	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0
DIE	0	0	1 443	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SMIE	1 328	187	272	3 593	17 925	57 480	91 079	5 355	0	1 714	428	0	113 910	136 384	20 151
SMNIE	1 661	234	340	4 492	22 411	48 869	44 694	871	0	279	70	0	44 663	38 744	1 599

Source : MCS, 1996

## 2.5 Contribution des secteurs à l'assiette d'impôts indirects

La principale source des impôts indirects est le secteur industriel (tableau 69). En effet, l'industrie intensive et non intensive en eau y contribue à hauteur respective de 37,62% et 48,38%. Ceci signifie qu'au total, l'industrie y contribue à elle seule à 86%. En effet, le Sénégal est marqué par une contribution aux impôts indirects des différentes branches très inégale. Notamment, les services sont marqués par une très forte évasion fiscale en grande partie expliquée par la prédominance de l'informel dans ce secteur. De meilleures performances fiscales et une moindre vulnérabilité des finances publiques nécessiteraient un élargissement de l'assiette fiscale.

Les secteurs de production d'eau potable et du riz irrigué contribuent respectivement à 3,68% et 3,37% de l'assiette totale. Le secteur de l'autre agriculture représente près de 3% de l'assiette d'impôts indirects. Le secteur du maraîchage y contribue faiblement (1,15%) ainsi que ceux de la distribution d'eau potable (à peine 1% pour la distribution au branchement privé et aux bornes fontaines). Enfin, la contribution des services marchands est extrêmement faible compte tenu de la forte part de l'informel dans cette branche.

**Tableau 69 : Contribution relative des différents secteurs à l'assiette d'impôts directs, 1996, Sénégal, (en %)**

	RI	RP	MA	PEC	AA	IIE	INIE	EG	PE	BP	BF	DIE	SMIE	SMNIE
Impôts indirects	3,37	0,00	1,15	0,00	2,97	37,62	48,38	1,83	3,68	0,55	0,23	0,00	0,01	0,21

Source : Calculs des auteurs, MCS, 1996

## 2.6 Structure de la demande des produits

Le tableau 70 informe sur la structure de la demande par produit. Certains biens sont principalement offerts pour répondre à la consommation finale des ménages. C'est le cas du riz irrigué, du maraîchage, de la distribution informelle d'eau, du riz pluvial et de la pêche dont l'offre totale est consommée respectivement à 97%, 90,5%, 80,4%, 66% et 60,2% par les ménages. D'autres produits sont plutôt consommés comme intrants. C'est le cas de l'eau potable produite totalement consommée par les autres branches de l'économie mais aussi, des produits de l'industrie intensive en eau (67,7%), de l'eau potable distribuée par le branchement privé (63,7%) , de l'énergie (60,6%), de l'autre agriculture (54,7%) et des services marchands intensifs en eau (48,2%). Ceci traduit des effets potentiels d'entraînement de ces branches sur les autres secteurs.

Enfin, la composante demande d'investissement est importante pour certains produits. C'est le cas de l'eau potable distribuée aux bornes fontaines (79,1%), des services marchands intensifs et non intensifs en eau (41,9% et 47,1%), et des produits de l'industrie non intensive en eau (31,8%). La part importante de la demande d'investissement pour l'eau distribuée aux bornes fontaines traduit à l'année de base une capacité d'offre importante et des variations de stocks. C'est la part de l'eau potable stockée au niveau des bornes fontaines. Celle-ci n'est pas distribuée aux ménages ou aux secteurs utilisateurs compte tenu de leur défaillance mais elle est stockée. Du coup, seulement 10% de l'offre totale est réellement consommée par les ménages.

**Tableau 70 : Structure de la demande par produit, 1996, Sénégal, (en %)**

%	Consommation finale	Demande intermédiaire	Demande d'investissement
RI	96,98	3,02	0
RP	66,07	7,75	26,18
MA	90,48	9,52	0
PEC	60,22	39,78	0
AA	41,82	54,74	3,44
IIE	29,32	67,70	2,98
INIE	23,96	44,27	31,77
EG	38,95	60,59	0,46
PE	0	100	0
BP	36,33	63,67	0
BF	9,94	10,96	79,10
DIE	80,41	19,59	0
SMIE	9,87	48,21	41,92
SMNIE	31,18	21,68	47,14
SNM	0	0	0

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

## 2.7 Structure des échanges extérieurs

Seuls les biens et services suivants font l'objet d'échanges avec le marché extérieur : le riz irrigué, le maraîchage, la pêche, l'autre agriculture, l'industrie intensive et non intensive en eau et les services marchands intensifs et non intensifs en eau. Il s'agit des biens échangeables de l'économie sénégalaise.

En effet, l'économie sénégalaise est dépendante du marché extérieur de par ses sources d'approvisionnement et ses ventes à l'étranger. Ces caractéristiques peuvent être examinées à travers l'analyse de la structure des échanges et de celle du produit composite vendu sur le marché extérieur.

Le tableau 71 montre que de nombreux produits consommés par le Sénégal proviennent d'approvisionnements extérieurs. Cependant, la structure du produit composite sur le marché domestique diffère selon les biens. Certains produits, vendus sur le marché local, ont une forte composante d'importations. Notamment, les achats de produits industriels intensifs et non intensifs en eau atteignent des proportions respectives de 43,3% et 34,3% des approvisionnements fournis sur le marché domestique. La part du riz irrigué circulant sur le marché local issue des importations est de 47,2%. C'est le produit agricole le plus importé. Ceci signifie que ces produits sont fortement tributaires du marché international.

Par contre, les autres biens agricoles sont majoritairement fournis par la production locale puisque la part des importations dans l'offre totale ne représente que 9,7% pour les biens de l'autre agriculture, 8,3% pour ceux de la pêche et 4,6% pour les produits du maraîchage. Il en est de même pour les services qui sont principalement fournis par l'offre locale puisque seuls 3,8% et 5,3% des services marchands intensifs et non intensifs en eau proviennent de l'extérieur.

Au total, les importations de produits industriels représentent la plus forte part des importations totales du pays puisque les produits de l'industrie intensive et non intensive en eau représentent respectivement 33,9% et 43,1% des importations totales. Puis, le riz irrigué représente à lui seul, 8,6% des importations du pays. Enfin, les services marchands intensifs et non intensifs en eau et les produits de l'autre agriculture représentent respectivement 3,4%, 4,9% et 4,6% de l'ensemble des biens importés.

**Tableau 71 : Part des importations dans l'offre totale des biens et part des importations des biens dans les importations totales, 1996, Sénégal**

	Produit composite (offre totale)	Importations	Part des importations dans l'offre totale (%)	Part des importations du bien dans les importations totales (%)
RI	190 452	89 928	47,2%	8,6%
MA	95 863	4 409	4,6%	0,4%
PEC	130 834	10 867	8,3%	1,1%
AA	493 693	47 903	9,7%	4,6%
IIE	816 705	353 712	43,3%	33,9%
INIE	1 314 196	450 252	34,3%	43,1%
SMIE	933 040	35 287	3,8%	3,4%
SMNIE	963 631	51 106	5,3%	4,9%

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

Le tableau 72 informe sur les biens de l'économie qui sont exportés.

On observe très nettement que les trois premiers biens et services les plus exportés sont par ordre décroissant les produits de l'industrie intensive et non intensive en eau, ceux de la pêche et les services marchands non intensifs en eau. En effet, 35,5%, 24%, 20,3% et 12,5% de la production locale des produits de l'industrie intensive et non intensive en eau, de la pêche et des services marchands non intensifs en eau sont exportés.

Au total, les produits industriels intensifs et non intensifs en eau représentent 29% et 33,8% des exportations totales du pays, les services marchands intensifs et non intensifs en eau en représentent respectivement 11,9% et 18,6%. Enfin, les produits de la pêche représentent à eux seuls 4,4% de l'ensemble des biens exportés.

**Tableau 72 : Part des exportations dans la production des biens et des exportations des biens dans les exportations totales, 1996, Sénégal (en %)**

	Production	Exportations	Part des exportations dans la production (%)	Part des exportations du bien dans les exportations totales (%)
RI	92 328	134	0,15%	0,02%
MA	89 348	724	0,8%	0,1%
PEC	150 585	30 618	20,3%	4,4%
AA	452 156	13 698	3%	2%
IIE	573 445	203 359	35,5%	29%
INIE	979 654	235 191	24%	33,8%
SMIE	980 868	83 147	8,5%	11,9%
SMNIE	1 041 775	129 767	12,5%	18,6%

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

## 2.8 Sources et affectations des revenus des ménages

Les ménages tirent leurs revenus des facteurs dont ils sont dotés, des transferts et des dividendes. Ces revenus font l'objet de plusieurs types d'affectations.

### Sources de revenus des ménages

Les sources de revenus des ménages sont constituées pour l'essentiel de la rémunération des facteurs primaires (travail, capital, terre et eau primaire), des transferts et des dividendes. Les ménages urbains ne perçoivent pas de revenus du facteur terre. Les paiements reçus par le compte terre des secteurs agricoles sont intégralement versés aux ménages ruraux. Les ménages de la Casamance et du Fleuve reçoivent une partie de la rémunération totale du facteur eau primaire (respectivement 7,9% et 67%), l'autre partie étant perçue par l'État. L'ensemble des salaires alloués par les secteurs au compte du facteur travail est versé aux ménages. Ces derniers reçoivent une importante partie de la rémunération du facteur capital (76,7% de l'excédent brut d'exploitation). Le reste étant affecté aux firmes.

Les différentes sources de revenus des ménages sont données dans le tableau 73. Il apparaît que les salaires sont alloués en majeure partie aux ménages urbains. Dakar et les autres centres urbains (ACU) reçoivent respectivement 58,52% et 30,15% des revenus du facteur travail. La part des revenus issus du facteur travail reçus par les ménages ruraux est de 11,33%. Les ménages ruraux

du Bassin arachidier (BA), du Sénégal oriental (SO) et de la Casamance (CASA) perçoivent la plus grande part de la rémunération versée à la main d'œuvre rurale (respectivement 3,44%, 2,77% et 1,86%). Les parts des ménages de la zone du Fleuve (FLEUV), de Niayes (NIAY) et de la zone sylvo-pastorale (ZSP) sont respectivement de 1,62%, 0,91% et 0,73%.

Les revenus du capital sont également affectés en grande partie aux urbains. Dakar et les ACU reçoivent respectivement 49,28% et 31,68% des rémunérations du facteur capital versées aux ménages. La part perçue par les ménages ruraux est de 19,04%. Dans ce sous-groupe rural, celle du Bassin arachidier (BA), du Fleuve (FLEUV), de la Casamance (CASA) et de la zone sylvo-pastorale (ZSP) est plus importante (respectivement 10,18%, 3,42%, 2,8% et 1,42%). Les proportions des revenus du facteur capital allouées aux ménages ruraux du Sénégal oriental et de Niayes sont respectivement de 0,64% et 0,58%.

La rémunération du facteur terre, exclusivement allouée aux ménages ruraux, est davantage perçue par la zone du Bassin arachidier (BA) (54,89%), la Casamance (CASA) (19,60%), et la zone du Fleuve (FLEUV) (12,80%). Les parts des ménages ruraux de la zone sylvo-pastorale (ZSP), du Sénégal oriental (SO) et de Niayes (NIAY) sont respectivement de 5,63%, 4,89% et 2,19% des revenus du facteur terre.

Enfin, la part des revenus issus du facteur eau primaire dans l'ensemble des rémunérations de l'eau primaire affectée aux ménages est de 89,44% pour ceux du Fleuve et 10,56% pour ceux de la Casamance.

**Tableau 73 : Répartition des revenus de facteurs primaires entre les différentes catégories de ménages, 1996, Sénégal (%)**

	Travail	Capital	Terre	Eau primaire
Dakar	58,52	49,28	0,00	0,00
ACU	30,15	31,68	0,00	0,00
BA	3,44	10,18	54,89	0,00
NIAY	0,91	0,58	2,19	0,00
CASA	1,86	2,8	19,60	10,56
ZSP	0,73	1,42	5,63	0,00
SO	2,77	0,64	4,89	0,00
FLEUV	1,62	3,42	12,80	89,44
Total	100	100	100	100

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

En moyenne, les revenus de facteurs primaires reçus par les ménages sont davantage constitués de revenus du facteur capital (50,31%). Toutefois, des disparités entre les ménages existent. Les revenus de facteurs primaires des ménages de Dakar sont dominés par les salaires qui en représentent 52,59%. Ceux perçus par les autres centres urbains sont essentiellement constitués de rémunérations du facteur capital (52,94%). En milieu rural, les salaires représentent la part la plus importante des revenus de facteurs primaires au Sénégal oriental et à Niayes (respectivement 76,78% et 57,01%). En revanche, dans le Bassin arachidier, le Fleuve, la zone sylvo-pastorale et la Casamance, les revenus du facteur capital sont relativement plus importants (voir tableau 74). Enfin, 29,78% et 4,93% des revenus des facteurs primaires sont issus du facteur eau primaire.

**Tableau 74 : Répartition des sources de revenus des ménages selon les différents facteurs, 1996, Sénégal (en %)**

	Travail	Capital	Terre	Eau primaire	Total
Dakar	52,59	47,41	0,00	0,00	100,00
ACU	47,06	52,94	0,00	0,00	100,00
BA	21,49	68,09	10,42	0,00	100,00
NIAY	57,01	38,80	4,19	0,00	100,00
CASA	32,44	52,25	10,38	4,93	100,00
ZSP	30,25	62,68	7,07	0,00	100,00
SO	76,78	19,08	4,14	0,00	100,00
FLEUV	20,00	45,40	4,82	29,78	100,00
Sénégal	47,00	50,31	1,43	1,26	100,00

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

Les transferts contribuent, de façon significative, au revenu des ménages (voir tableau 75). Ces derniers tirent 26,06% de leurs revenus des transferts. Ils représentent respectivement 25,18% et 23,50% des revenus des ménages de Dakar et des autres centres urbains. En milieu rural, ils occupent une part relativement plus importante. Ce sont les ménages de la zone sylvo-pastorale, du Bassin arachidier, de Niayes et de la Casamance qui ont la plus forte part des transferts dans leur revenu total (respectivement 44,80%, 36,54%, 29,84% et 29,55%). Par contre, les transferts représentent une plus faible part du revenu des ménages du Sénégal oriental (19,48%).

**Tableau 75 : Revenus des ménages selon la source, 1996, Sénégal (en %)**

	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	FLEUV	Sénégal
Facteurs	74,82	76,50	63,46	70,16	70,45	55,20	80,52	74,84	73,94
Transferts	25,18	23,50	36,54	29,84	29,55	44,80	19,48	25,16	26,06
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Source : Calculs à partir de la MCS, 1996

L'examen de la structure des transferts montre que les transferts intra-ménages constituent la proportion la plus importante de transferts reçus par les ménages. Ils représentent en moyenne près de 65% des transferts reçus. En réalité, dans la MCS originelle 1996 de Dansokho et Diouf, ils représentent en moyenne 75%. Nous avons ajusté ces transferts intra-ménages (sous évalués) de sorte que leur épargne ne puisse être négative. Cet ajustement a pour conséquence de sous évaluer la part des transferts intra-ménages dans les transferts totaux mais ceci n'aura aucune conséquence dans les résultats des simulations puisque tous les transferts sont considérés comme exogènes. Cet ajustement était nécessaire afin qu'aucune épargne des ménages soit négative. Elle est alors nulle par défaut. Ceci était nécessaire pour la version dynamique du modèle.

Conformément à la MCS originelle de Dansokho et Diouf (1996), les transferts intra-ménages sont plus importants chez les ménages de Dakar (69,34%), du Sénégal oriental (68,62%) et de la zone sylvo-pastorale (67,32%). (voir tableau 76).

**Tableau 76 : Origine des transferts reçus par les ménages selon les strates, 1996, Sénégal (en %)**

	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	FLEUV	Sénégal
Transferts intra-ménages	69,34	65,04	48,87	58,51	51,39	67,32	68,62	63,31	64,74
Autres transferts	30,66	34,96	51,13	41,49	48,61	32,68	31,38	36,69	35,26
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

### Utilisation des revenus des ménages

Dans l'ensemble, les revenus nets des auto-transferts des ménages sont utilisés à des fins de consommation finale, de paiement d'impôts directs et d'épargne (voir tableau 77 ci-dessous).

On observe que la part de la consommation finale dans les revenus est beaucoup plus élevée en milieu rural. En effet, elle ne représente respectivement que 41,25% et 45,58% de l'utilisation du revenu brut des ménages de Dakar et des autres centres urbains. En milieu rural, la totalité du revenu brut des ménages de la zone sylvo-pastorale est utilisée à des fins de consommation finale et presque la totalité pour les ménages du Bassin arachidier, de Niayes, et de la Casamance (respectivement 93,82%, 97,13% et 96,35%). En effet, une plus faible part du revenu brut de ces trois derniers ménages est allouée au versement de transferts. Ils versent respectivement 4,21%, 1,58% et 0,17% de leur revenu en transferts tandis que ceux de Dakar et des autres centres

urbains en versent respectivement 17,07% et 23,96%. De même, les ménages du Bassin arachidier, de Niayes et de la Casamance versent une faible part voire nulle de leur revenu en impôts directs (respectivement 1,97%, 1,29% et 0%) contre 2,31% et 2,49% pour Dakar et les autres centres urbains. Enfin, les ménages du Sénégal oriental consomment une relative plus faible part de leur revenu (57,75%) que les autres ménages ruraux parce qu'ils en versent une forte part sous forme de transferts (41,65%). Les ménages du Fleuve, après avoir versés 1,07% de leur revenu sous forme d'impôts directs, consomment 76,65% de leur revenu, ce qui leur permet d'en épargner 22,28%. C'est le ménage rural qui épargne le plus. Les autres ruraux n'épargnent pas (Bassin arachidier, Niayes, zone sylvo-pastorale et Sénégal oriental) ou très faiblement (3,48% pour les ménages de la Casamance. En revanche, les ménages urbains consacrent une relative forte part de leur revenu à l'épargne (respectivement 39,37% et 27,97% pour Dakar et les autres centres urbains).

**Tableau 77 : Répartition des dépenses des ménages, 1996, Sénégal (en %)**

	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	FLEUV
<b>Revenu total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Transferts ménages</b>	<b>17,07</b>	<b>23,96</b>	<b>4,21</b>	<b>1,58</b>	<b>0,17</b>	<b>0,00</b>	<b>41,65</b>	<b>1,07</b>
<b>Impôts directs</b>	<b>2,31</b>	<b>2,49</b>	<b>1,97</b>	<b>1,29</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,60</b>	<b>0,00</b>
<b>Conso finale</b>	<b>41,25</b>	<b>45,58</b>	<b>93,82</b>	<b>97,13</b>	<b>96,35</b>	<b>100,00</b>	<b>57,75</b>	<b>76,65</b>
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
<b>Epargne</b>	<b>39,37</b>	<b>27,97</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>3,48</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>22,28</b>

Source : Calculs à partir de la MCS, 1996

## 2.9 Les autres institutions de la MCS

D'autres institutions sont représentées en dehors des ménages ; ce sont les firmes, l'État et le reste du monde.

### Les firmes

Les firmes reçoivent sous forme d'excédent brut d'exploitation une partie de la rémunération versée par le facteur capital aux institutions (344 270). Ces revenus sont affectés aux paiements d'impôts directs (68 779) et aux versements de dividendes aux ménages résidents (150 847) et non résidents (40 000). Ceux de Dakar, des autres centres urbains et du Bassin arachidier reçoivent la plus grande partie de ces dividendes, avec des parts respectives de 42,4%, 18,6% et 10,8%. Une partie des revenus des firmes est représentée par leur épargne (24,6%).

### L'État

Les sources de revenus de l'État sont la rémunération sur la part du facteur eau primaire détenu par l'État (2,12%), les impôts directs sur le revenu des ménages (14,31%), les impôts directs sur le revenu des firmes (15,30%), les impôts indirects (54,93%) et les transferts en provenance du reste du monde (13,34%). Les ressources de l'État sont utilisées à des fins de transferts aux ménages (3,80%), de transferts au reste du monde (3,34%) et de consommation publique (69,36%). Le solde constitue l'épargne de l'État rapportée à ses ressources (23,50%).

### Le reste du monde

Ses recettes sont constituées des importations en valeur CAF, de dividendes reçus des firmes et de transferts courants provenant de l'État. Les importations s'élèvent à 1 043 464. Les dividendes versés par les firmes du reste du monde et les transferts qu'elles reçoivent de l'État sont respectivement de 40 000 et 15 000. Les dépenses du reste du monde sont constituées des exportations au prix FOB et des transferts courants versés aux ménages et à l'État. Les exportations sont évaluées à 696 638 tandis que les transferts reçus par les ménages et l'État du reste du monde sont de 112 001 et 60 000. L'écart entre le total des importations, des dividendes et transferts reçus et le total des exportations et transferts versés est, par définition, l'importation nette de capital étranger. Il représente le solde du compte courant de la balance des paiements

extérieurs de l'économie et est égal à 229 825. Ce dernier constitue une recette du compte d'accumulation.

Le capital étranger s'ajustant à l'épargne intérieure pour financer l'investissement brut de la nation, cette recette est aussi désignée sous l'appellation d'épargne étrangère.

## 2.10 Leçons de la MCS sur le secteur de l'eau sénégalais

La distribution d'eau potable au branchement privé représente 46,16% de la valeur ajoutée totale du secteur de l'eau, la production d'eau potable en représentant 37,70% (voir tableau 78). Puis, la distribution d'eau aux bornes fontaines et le secteur informel en représentent respectivement 6,58% et 9,56%.

**Tableau 78 : Répartition de la valeur ajoutée du secteur de l'eau entre les différentes branches, 1996, Sénégal (en %)**

	PE	BP	BF	DIE
VAB	37,70%	46,16%	6,58%	9,56%

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

La branche distribution d'eau potable au branchement privé est la plus capitalistique (voir tableau 79). En effet, le facteur capital représente 81,45% de la valeur ajoutée de ce secteur. De même, la distribution d'eau aux bornes fontaines est relativement capitalistique (60,75%). Le secteur le plus intensif en travail est le secteur informel d'eau. En effet, le facteur travail représente 88,65% de la valeur ajoutée de cette branche. Ce facteur représente aussi 39,25% de la valeur ajoutée du secteur de la distribution d'eau aux bornes fontaines. Enfin, seul le secteur de production d'eau potable est doté du facteur eau primaire, facteur qui représente 32,02% de la valeur ajoutée de cette branche.

**Tableau 79 : Part des différents facteurs dans l'allocation de la VAB selon les branches, 1996, Sénégal (en %)**

	Travail	Capital	Eau primaire
PE	14,82	53,16	32,02
BP	18,55	81,45	0,00
BF	39,25	60,75	0,00
DIE	88,65	11,35	0,00

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

La part des demandes intermédiaires en eau dans les demandes intermédiaires totales de l'économie est de 4,10%. Le tableau 80 montre qu'une grande partie est constituée de l'eau potable distribuée par le branchement privé (55,04%) et de l'eau potable produite (41,70%). Enfin, l'eau potable distribuée par les bornes fontaines et le secteur informel d'eau en représentent respectivement 1,64% et 1,62%. Il s'agit des parts du bien eau (PE, BP, BF, DIE) demandé comme intrant dans le total des intrants eau utilisés dans l'économie.

**Tableau 80 : Apport relatif des différentes branches à l'offre de biens intermédiaires d'origine eau, 1996, Sénégal (en %)**

	PE	BP	BF	DIE
DIT du bien eau dans la DIT totale des biens eau	41,70	55,04	1,64	1,62

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

Plus précisément, le tableau 81 rappelle les contributions des différents intrants eau potable par les branches utilisatrices de l'économie, afin de voir quels seront les potentiels effets de rétroaction du bien eau dans l'activité du pays. Parmi les quinze secteurs de l'économie, dix d'entre eux consomment de l'eau potable comme intrant.

Dans la demande intermédiaire totale d'eau potable produite, 85,17% sont consommés par la distribution d'eau potable au branchement privé et 14,83% par la distribution d'eau potable distribuée aux bornes fontaines.

Dans la demande intermédiaire totale d'eau potable distribuée par le branchement privé, 34%, 20,31% et 19,67% sont consommés par les industries intensives et non intensives en eau et les services marchands intensifs en eau. Le reste est consommé à hauteur de 9,34%, 8,73%, 4,02%, 3,50% et 0,43% par le maraîchage, les services marchands non intensifs en eau, les services non marchands, l'énergie et la pêche.

Parmi la demande intermédiaire totale d'eau potable aux bornes fontaines, 94,75% sont consommées par le maraîchage et les reste (5,25%) par le secteur informel de distribution d'eau.

Enfin, 97% de la demande intermédiaire totale de distribution informelle d'eau potable est consommée par le maraîchage tandis que 3% en sont consommés par la pêche.

**Tableau 81 : Contribution relative des branches dans la demande intermédiaire totale des différents intrants eau potable, 1996, Sénégal (en %)**

	MA	PEC	IIE	INIE	EG	BP	BF	DIE	SMIE	SMNIE	SNM	Total
PE	0	0	0	0	0	85,17	14,83	0	0	0	0	100,00
BP	9,34	0,43	34,00	20,31	3,50	0	0	0	19,67	8,73	4,02	100,00
BF	94,75	0	0	0	0	0	0	5,25	0	0	0	100,00
DIE	97,04	2,96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,00

Les secteurs de l'eau utilisent également des produits des autres branches de l'économie à hauteur de 2,24% de la valeur globale des consommations intermédiaires de l'ensemble des branches de l'économie. La distribution d'eau potable au branchement privé et aux bornes fontaines utilise beaucoup plus d'intrants. Leur part dans le total des consommations intermédiaires de l'eau est respectivement de 83,81% et 16,03% (voir tableau 82).

**Tableau 82 : Poids relatif des différentes branches de l'eau dans la demande en consommations intermédiaires des secteurs de l'eau, 1996, Sénégal (en %)**

	PE	BP	BF	DIE
CI de la branche eau dans la CI totale des secteurs de l'eau	0,00	83,81	16,03	0,16

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

Les secteurs de l'eau contribuent à 4,50% de l'assiette des impôts indirects collectés sur l'ensemble des biens et services de l'économie. Les branches des secteurs de l'eau qui contribuent le plus aux impôts indirects collectés sur l'eau sont la production d'eau potable et la distribution au branchement privé (voir tableau 83). Leur contribution est respectivement de 82,31% et 12,38%. Celle de la distribution d'eau aux bornes fontaines est de 5,31%.

**Tableau 83 : Contribution relative des biens eau aux impôts indirects totaux des secteurs de l'eau, 1996, Sénégal (en %)**

	PE	BP	BF	DIE
Impôts indirects	82,31	12,38	5,31	0,00

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

Enfin le tableau 84 informe sur la structure de la consommation finale des biens eau par catégorie de ménages. Parmi tous les biens eau, seuls trois sont consommés par les ménages. Il s'agit de l'eau distribuée par le branchement privé, celle distribuée par les bornes fontaines et celle,

distribuée par le secteur informel. La structure de consommation de l'eau diffère selon les ménages.

On observe que les ménages de Dakar consomment 59,70% de la totalité de la consommation finale d'eau potable au branchement privé, les ménages du Bassin arachidier et des autres centres urbains en consommant respectivement 21,81% et 9,20%. Les autres ménages ruraux en consomment une bien plus faible part. Les ménages du bassin arachidier consomment à eux seuls 41,5% de la consommation finale totale de l'eau distribuée aux bornes fontaines, puis les ménages de Dakar et des autres centres urbains en consomment respectivement 25,70% et 15,28%. Parmi les ménages ruraux restants, ce sont ceux de la zone sylvo-pastorale qui en consomment la plus forte part (9,85%). Enfin, la plus forte part de la consommation finale totale d'eau informelle émane des ménages de Dakar (58,14%), du bassin arachidier (22,70%) et des autres centres urbains (9,50%). Parmi les autres ménages ruraux, ce sont ceux de la zone sylvo-pastorale et de la Casamance qui en consomment la plus forte part (respectivement 4,50% et 2,22%).

**Tableau 84 : Contribution relative des différents ménages dans la consommation finale totale de chaque bien eau potable, 1996, Sénégal (en %)**

	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	FLEUV	Total
BP	59,70	9,20	21,81	0,96	2,29	4,25	0,94	0,85	100,00
BF	25,70	15,28	41,49	4,85	0,72	9,85	1,16	0,95	100,00
DIE	58,14	9,50	22,70	1,13	2,22	4,50	0,96	0,85	100,00

Source : Calculs de l'auteur, MCS, 1996

## Conclusion

En dépit des riches enseignements qu'elle fournit, la MCS n'est pas une fin en soi. Elle est plutôt destinée à servir d'input à l'analyse des effets de politiques économiques ou de chocs externes sur les différents secteurs et les agents microéconomiques, en particulier, les ménages. Dans le cadre de chocs climatiques sur la ressource en eau primaire et de la mise en place de réformes tarifaires de l'eau potable, on s'attend à ce que ces chocs et mesures de réformes aient d'importants effets réallocatifs. Par conséquent, il est nécessaire de spécifier les relations de comportement dans l'économie qui permettent de tenir compte de l'interaction entre les différents secteurs et de l'impact redistributif entre les groupes de ménages. Les modèles SENEAU statique et dynamique, permettent de représenter toutes ces relations complexes.

La MCS du Sénégal constitue alors la base de données de ces deux modèles qui permettent d'étudier les impacts sectoriels et microéconomiques des chocs sur la ressource brute et, des réformes tarifaires de gestion de la demande face à la rareté croissante de l'eau dans le pays.

Le chapitre suivant présente le modèle SENEAU statique et les résultats des simulations suivantes :

- 1) Chocs de sécheresse plus ou moins sévère ;
- 2) Passage à une politique tarifaire de l'eau au coût marginal.

# Chapitre 7

## SENEAU statique : présentation et résultats des simulations

Ce chapitre présente le modèle statique SENEAU conçu pour simuler l'impact d'une sécheresse et de la mise en place d'une politique tarifaire de l'eau potable au coût marginal sur l'économie sénégalaise, ainsi que les résultats des simulations effectuées. Après une description des différents blocs d'équations du modèle, nous exposerons les résultats microéconomiques et macroéconomiques de nos simulations.

### Section 1 : Description du modèle SENEAU statique<sup>92</sup>

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 n'en compte que deux (travail et capital). Le facteur travail est parfaitement mobile entre toutes les branches de l'économie. La terre est parfaitement mobile entre toutes les branches de l'agriculture. Nous distinguons deux types de capital : un capital parfaitement mobile entre les branches agricoles et un capital non agricole parfaitement mobile entre les branches non agricoles. Enfin, le facteur eau primaire est spécifique au secteur du riz irrigué et de la production d'eau potable. La typologie des ménages. Nous considérons huit catégories de ménages selon les zones géographiques du Sénégal (Dakar, autres centres urbains (ACU), Bassin arachidier (BA), Niayes (NIAY), Casamance (CASA), zone sylvo-pastorale (ZSP), Sénégal oriental (SO) et Fleuve (FLEUV) alors que le modèle EXTER comporte deux catégories de ménages (travailleurs et capitalistes). Nous intégrons une fonction de consommation LES (*Linear Expenditure System*) des

---

<sup>92</sup> Voir l'annexe 11 pour la définition des variables, des paramètres et des ensembles du modèle SENEAU statique ainsi que l'annexe 12 pour le code GAMS.

ménages afin de prendre en compte l'existence d'un panier minimal de consommation pour chaque catégorie des ménages, alors que dans EXTER la consommation est une proportion fixe du revenu disponible. Les transferts intra-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 de la concurrence imparfaite alors que le modèle EXTER est un modèle en concurrence pure et parfaite. Nous intégrons dans SENEAU un salaire d'efficiency et une fonction de chômage involontaire endogène.

Bien que SENEAU statique soit un modèle d'inspiration néoclassique, il intègre des spécificités caractérisant l'économie sénégalaise. Le modèle comporte huit blocs<sup>93</sup> d'équations. Dans cette section, nous procédons à la description des différents blocs d'équations du modèle.

## 1.1 Le bloc d'offre

Le bloc d'offre se subdivise en deux sous-blocs. En effet, on distingue le bloc de la production d'eau potable qui est en monopole naturel avec des rendements d'échelle croissants du bloc de la production des autres secteurs qui en concurrence pure et parfaite.

### 1.1.1 La production d'eau potable (monopole naturel) (voir bloc 1)

La production d'eau potable ( $XS_{WAT}$ ) est modélisée en deux étapes. Tout d'abord, le facteur travail ( $LD_{WAT}$ ) est combiné au facteur capital ( $KD_{WAT}$ ) par une fonction Cobb-Douglas à rendements d'échelle constants pour donner un facteur composite capital-travail ( $KL_{WAT}$ ). Puis, ce facteur composite est combiné au facteur eau primaire ( $ED_{WAT}$ ) par une fonction Cobb-Douglas à rendements d'échelle croissants ( $s_{WAT}$ ) pour donner la valeur ajoutée ( $VA_{WAT}$ ). 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) (équation 1). Ainsi, nous en déduisons les demandes optimales de facteurs à partir de la résolution des programmes de maximisation du profit. L'équation 2 donne l'écriture de la demande optimale du facteur composite capital-travail ( $KL_{WAT}$ ) du secteur de production d'eau potable. Les équations 3, 4 et 5

---

<sup>93</sup> Tout au long du chapitre, nous appellerons « bloc » une série d'équations.

donnent respectivement les écritures des demandes optimales des facteurs eau primaire ( $ED_{WAT}$ ), travail ( $LD_{WAT}$ ) et capital ( $KD_{WAT}$ ) du secteur de production d'eau potable. L'équation 6 donne le prix du facteur composite capital-travail ( $P_{KL}$ ). Compte tenu que la production d'eau potable est égale à la valeur ajoutée du secteur, l'équation 7 indique que le prix de la valeur ajoutée ( $PV_{WAT}$ ) est égal au prix de production d'eau potable ( $P_{WAT}$ ) et l'équation 8 indique que le prix de la valeur ajoutée ( $PV_{WAT}$ ) est aussi égal au coût moyen de production d'eau potable ( $CM_{WAT}$ ).

À partir de la fonction de coût total ( $CT_{WAT}$ ) donnée par l'équation 11, nous calculons la fonction de coût moyen ( $CM_{WAT}$ ) (équation 10) et de coût marginal de production d'eau potable ( $Cm_{WAT}$ ) (équation 9).

À l'année de base, comme le prix de la valeur ajoutée est égal au coût moyen de production, l'État n'a pas à intervenir pour subventionner le secteur de production d'eau potable qui ne produit pas à perte. L'équation 12 indique que la subvention ( $SUB_{WAT}$ ) est nulle à l'année de base.

### Bloc 1 : Modélisation de la production d'eau potable dans SENEAU statique

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

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

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

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

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

$$(5) \quad KD_{WAT} = \left( \beta^{KL}_{WAT} P_{KL} KL_{WAT} \right) / r_2$$

$$(6) \quad P_{KL} = \left( \frac{1}{A^{KLI}_{WAT}} \right) \left( \frac{r_2}{\beta^{KL}_{WAT}} \right)^{\beta^{KL}_{WAT}} \left( \frac{w}{\alpha^{KL}_{WAT}} \right)^{\alpha^{KL}_{WAT}}$$

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

$$(8) \quad PV_{WAT} = CM_{WAT}$$

$$(9)$$

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

(10)

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

(11)

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

$$(12) \quad SUB_{WAT} = (CM_{WAT} - Cm_{WAT})VA_{WAT}$$

1.1.2 La production des autres secteurs de l'économie (concurrence pure et parfaite) (voir bloc 2)

La production des autres secteurs est modélisée en deux étapes. D'abord la production du secteur ( $XS_K$ ) est exprimée comme une fonction de type Leontief combinant des parts fixes de la valeur ajoutée ( $VA_K$ ) et des consommations intermédiaires ( $CI_K$ ) (équation 13).

La valeur ajoutée est spécifiée de façon différente selon le type de secteur. Dans le secteur du riz irrigué (IRG), la valeur ajoutée ( $VA_{IRG}$ ) est une fonction Cobb-Douglas des facteurs travail ( $LD_{IRG}$ ), capital ( $KD_{IRG}$ ), terre ( $TD_{IRG}$ ) et eau primaire ( $ED_{IRG}$ ) (équation 16). Dans les autres secteurs agricoles non irrigués (NIRG) (sauf la pêche), la valeur ajoutée ( $VA_{NIRG}$ ) est représentée par une fonction Cobb-Douglas des facteurs travail ( $LD_{NIRG}$ ), capital ( $KD_{NIRG}$ ) et terre ( $TD_{NIRG}$ ) (équation 15). La valeur ajoutée des autres secteurs ( $VA_{NWAT}$ ) sauf celui des services non marchands est représentée par une fonction Cobb-Douglas des facteurs travail ( $LD_{NWAT}$ ) et capital ( $KD_{NWAT}$ ) (équation 14). En effet, l'extrant du secteur non marchand étant, par hypothèse, produit à partir du facteur travail, la valeur ajoutée de ce secteur ( $VA_{NTR}$ ) est égale à la demande de travail ( $LD_{NTR}$ ) (équation 17).

La demande de travail de chaque branche est déterminée par la condition de premier ordre de maximisation du profit pour les secteurs marchands (équations 20, 21 et 22). Les mêmes conditions d'optimisation déterminent la demande du facteur terre des secteurs agricoles

(équations 27 et 28) et de l'eau dans le secteur du riz irrigué (équation 29). En revanche, la demande de travail pour le secteur non marchand est déterminée par le rapport entre la valeur ajoutée et le prix unitaire du facteur travail ( $w$ ) (équation 23).

La consommation intermédiaire de chaque secteur ( $CI_K$ ) est une part fixe ( $io_K$ ) de la production de ce secteur ( $XS_K$ ) (équation 18). La demande intermédiaire d'un produit par une branche ( $DI_{TR,K}$ ) est exprimée sous la forme d'une fonction linéaire la reliant avec la consommation intermédiaire de cette branche ( $CI_K$ ) (équation 19).

## Bloc 2 : Modélisation de la production des autres secteurs dans SENEAU statique

### Production des autres secteurs (concurrence pure et parfaite)

$$(13) \quad XS_K = \frac{VA_K}{v_K}$$

$$(14) \quad VA_{NWAT} = A_{NWAT}^{KL} \left[ LD_{NWAT}^{\alpha_{NWAT}} KD_{NWAT}^{1-\alpha_{NWAT}} \right]$$

$$(15) \quad VA_{NIRG} = A_{NIRG}^{KLT} LD_{NIRG}^{\alpha_{NIRG}} KD_{NIRG}^{\beta_{NIRG}} TD_{NIRG}^{1-\alpha_{NIRG}-\beta_{NIRG}}$$

$$(16) \quad VA_{IRG} = A_{IRG}^{KLTE} LD_{IRG}^{\alpha_{IRG}} KD_{IRG}^{\beta_{IRG}} TD_{IRG}^{\chi_{IRG}} ED_{IRG}^{1-\alpha_{IRG}-\beta_{IRG}-\chi_{IRG}}$$

$$(17) \quad VA_{NTR} = LD_{NTR}$$

$$(18) \quad CI_K = io_K XS_K$$

$$(19) \quad DI_{TR,K} = a_{ij_{TR,K}} CI_K$$

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

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

$$(22) \quad LD_{IRG} = (\alpha_{IRG} PV_{IRG} VA_{IRG}) / w$$

$$(23) \quad LD_{NTR} = \left( P_{NTR} XS_{NTR} - \sum_{TR} DI_{TR,NTR} P_{CTR} \right) / w$$

$$(24) \quad KD_{NWAT} = ((1 - \alpha_{NWAT}) PV_{NWAT} VA_{NWAT}) / r_2$$

$$(25) \quad KD_{NIRG} = (\beta_{NIRG} PV_{NIRG} VA_{NIRG}) / r_1$$

$$(26) \quad KD_{IRG} = (\beta_{IRG} PV_{IRG} VA_{IRG}) / r_1$$

$$(27) \quad TD_{NIRG} = ((1 - \alpha_{NIRG} - \beta_{NIRG}) PV_{NIRG} VA_{NIRG}) / r_T$$

$$(28) \quad TD_{IRG} = (\chi_{IRG} PV_{IRG} VA_{IRG}) / r_T$$

$$(29) \quad ED_{IRG} = ((1 - \alpha_{IRG} - \beta_{IRG} - \chi_{IRG}) PV_{IRG} VA_{IRG}) / re_2$$

## 1.2 Le bloc des revenus et de l'épargne (voir bloc 3)

Les revenus et épargnes des agents (ménages, firmes et État) sont définis dans le bloc d'équations 30-36.

La réaction des ménages aux divers chocs est étudiée à travers celle d'un ménage représentatif. Les ménages (H) sont classés en huit catégories : six en zones rurales (Bassin arachidier, Niayes, Casamance, Sénégal oriental, Zone sylvo-pastorale et Fleuve) et deux en zones urbaines (Dakar et autres centres urbains). Chaque catégorie de ménage reçoit une part fixe des revenus salariaux, des revenus du capital, de la rente de la terre et de la rémunération de l'eau primaire. La rente de la terre est en totalité allouée aux ménages ruraux et la part de la rémunération de l'eau primaire versée aux ménages est allouée seulement aux ménages de la Casamance et du Fleuve. Les ménages reçoivent aussi une proportion fixe des transferts versés par l'État, le reste du monde et les autres ménages ainsi que les dividendes versés par les firmes. Cet ensemble représente le

revenu des ménages  $YM_H$  décrit par l'équation 30. Puis, le revenu disponible des ménages ( $YDM_H$ ) est représenté par ce revenu brut défalqué des impôts directs versés à l'État ( $TDM_H$ ) et des transferts versés aux autres ménages ( $RTF_{H,H}$ ) (équation 31). L'épargne des ménages ( $SM_H$ ) est une fonction linéaire du revenu disponible brut (équation 33).

Le revenu des firmes ( $YE$ ) est constitué d'une part de la rémunération du capital agricole et du capital non agricole (équation 32). Leur épargne ( $SE$ ) est donnée par l'écart entre leur revenu brut ( $YE$ ) et d'une part, les dividendes versés aux ménages ( $DIV_H$ ) et au reste du monde ( $TEW$ ) et d'autre part, les impôts directs versés à l'État ( $TDE$ ) (équation 34).

L'équation 35 définit le revenu de l'État ( $YG$ ). Il s'agit des recettes publiques constituées par la somme de la part de la rémunération de l'eau primaire reçue par l'État, des taxes indirectes sur les ventes domestiques ( $TI_{TR}$ ), des taxes à l'importation ( $TIM_{TRX}$ ), des impôts directs collectés auprès des ménages ( $TDM_H$ ) et des firmes ( $TDE$ ) et, des transferts reçus du reste du monde ( $TWG$ ). L'épargne publique ( $SG$ ) apparaît de façon résiduelle comme la différence entre les revenus de l'État ( $YG$ ), ses dépenses ( $G$ ), les transferts qu'il verse aux ménages ( $TGM_H$ ) et au reste du monde ( $TGW$ ) et, la subvention versée au secteur de production d'eau potable ( $SUB_{PE}$ ) (nulle à l'année de base) (équation 36).

### Bloc 3 : Modélisation des revenus et épargnes dans SENEAU statique

#### Revenus et épargnes

(30)

$$YM_H = \lambda_{w_H} w \sum_j LD_j + \lambda_{r_H} \left( \sum_{AGR} r_1 KD_{AGR} + \sum_{NAG} r_2 KD_{NAG} \right) + \lambda_{l_H} \sum_{AGR} r_T TD_{AGR} + \lambda_{wAT_H} (re_1 ED_{PE} + re_2 ED_{RI}) + \sum_H RTF_{H,H} + DIV_H + TGM_H + TWM_H$$

$$(31) \quad YDM_H = YM_H - TDM_H - \sum_H RTF_{H,H}$$

$$(32) \quad YE = \lambda_{re} \left( \sum_{AGR} r_1 KD_{AGR} + \sum_{NAG} r_2 KD_{NAG} \right)$$

$$(33) \quad SM_H = \phi_H YDM_H$$

$$(34) \quad SE = YE - \sum_H DIV_H - TDE - TEW$$

$$(35) \quad YG = \lambda_{WAT} (re_1 ED_{PE} + re_2 ED_{RI}) + \sum_{TRX} TIM_{TRX} + \sum_{TR} TI_{TR} + \sum_H TDM_H + TDE + TWG$$

$$(36) \quad SG = YG - G - \sum_H TGM_H - TGW - SUB_{PE}$$

### 1.3 Les taxes (voir bloc 4)

Pour les biens échangeables (TRX), l'équation 37 montre que les impôts indirects intérieurs frappent les importations à leur prix intérieur, c'est-à-dire droits de douane compris, ainsi que la part non exportée de la production locale, évaluée au prix reçu par le producteur. Leur taux d'imposition est ( $tx_{TRX}$ ). Pour les biens non échangeables (NTRX), l'équation 38 donne les recettes d'imposition indirecte portant sur la vente des biens et services produits localement. Leur taux d'imposition est ( $tx_{NTRX}$ ).

Les taxes à l'importation ou recettes douanières nettes à l'importation des biens échangeables ( $TIM_{TRX}$ ) sont une fonction linéaire reliant le taux de taxation douanière (net) à l'importation ( $tm_{TRX}$ ), le prix mondial à l'importation ( $Pwm_{TRX}$ ), le taux de change extérieur nominal ( $e$ ) et les quantités importées ( $M_{TRX}$ ) (équation 41).

L'impôt direct sur le revenu du ménage ( $TDM_H$ ) est une part fixe de son revenu ( $YM_H$ ) déterminée par le taux d'imposition directe du revenu des ménages ( $ty_H$ ) (équation 39).

L'impôt direct sur le revenu des firmes ( $TDE$ ) est également une proportion fixe de leur revenu ( $YE$ ). Cette dernière dépend également du taux d'imposition directe du revenu des firmes ( $ty_e$ ) (équation 40).

## Bloc 4 : Modélisation des taxes dans SENEAU statique

### Taxes

$$(37) \quad TI_{TRX} = tx_{TRX} (P_{TRX} XS_{TRX} - Pe_{TRX} EX_{TRX}) + tx_{TRX} (1 + tm_{TRX}) eP_{wm_{TRX}} M_{TRX}$$

$$(38) \quad TI_{NTRX} = tx_{NTRX} P_{NTRX} XS_{NTRX}$$

$$(39) \quad TDM_H = ty_H YM_H$$

$$(40) \quad TDE = ty_e YE$$

$$(41) \quad TIM_{TRX} = tm_{TRX} P_{wm_{TRX}} eM_{TRX}$$

### 1.4 Le bloc de demande (voir bloc 5)

Les équations 42 à 46 représentent le module de demande. La consommation finale de chaque produit TR par les ménages H ( $C_{TR,H}$ ) est valorisée au prix du bien composite ( $P_{c_{TR}}$ ). Elle est une fonction de type LES<sup>94</sup> (équation 43). Cette fonction permet de distinguer la consommation incompressible de la consommation discrétionnaire qui dépend du revenu. La spécificité de cette fonction de demande est qu'elle comporte un panier minimal de consommation ( $\bar{C}_{TR,H}$ ). C'est le volume du produit que doit consommer le consommateur représentatif s'il veut maintenir un standard de vie minimal. Ce volume est fixe, donc exogène. La consommation discrétionnaire est, en revanche, déterminée de façon endogène par les variations des prix et du revenu disponible du ménage (Decaluwé, Martens et Savard, 2001). Le montant des dépenses de consommation ( $CTM_H$ ) est obtenu en retranchant du revenu disponible ( $YDM_H$ ), l'épargne ( $SM_H$ ) (équation (42)).

Les dépenses de l'État (G) sont données par la production en volume du secteur non marchand ( $XS_{NTR}$ ) valorisée par son prix ( $P_{NTR}$ ) (équation 46).

<sup>94</sup> Connue aussi sous le nom de *système linéaire des dépenses de type Stone Geary* (Stone, 1954).

La valeur de l'investissements par origine ( $INV_{TR}$ ) est une proportion fixe de l'investissement total ( $IT$ ). Ces demandes d'investissements en bien TR ( $INV_{TR}$ ) sont données par l'équation 44.

La demande intermédiaire d'un produit ( $DIT_{TR}$ ) représente, quant à elle, la somme des demandes intermédiaires de ce produit par l'ensemble des branches de production ( $DI_{TR,K}$ ) (équation 45).

### Bloc 5 : Modélisation de la demande dans SENEAU statique

#### Demande

$$(42) \quad CTM_H = YDM_H - SM_H$$

$$(43) \quad C_{TR,H} = \frac{P_{C_{TR}} \bar{C}_{TR,H} + \gamma_{TR,H} (CTM_H - \sum_{TR} P_{C_{TR}} \bar{C}_{TR,H})}{P_{C_{TR}}}$$

$$(44) \quad INV_{TR} = \frac{\mu_{TR} IT}{P_{C_{TR}}}$$

$$(45) \quad DIT_{TR} = \sum_K DI_{TR,K}$$

$$(46) \quad G = P_{SNM} XS_{SNM}$$

## 1.5 Le bloc des échanges extérieurs (voir bloc 6)

Le bloc des échanges extérieurs est donné par les équations 47 à 53. On pose l'hypothèse de « petit pays » pour tous les produits de l'économie.

Les équations 47 et 49 sont concernées par l'offre du produit local sur le marché intérieur et à l'exportation. Plus précisément, il est supposé que le producteur du produit échangeable TRX peut affecter sa production totale ( $XS_{TRX}$ ), en proportion variable, à des ventes à l'exportation ( $EX_{TRX}$ ) et à des ventes locales ( $D_{TRX}$ ), cette transformation entre  $EX_{TRX}$  et  $D_{TRX}$  étant elle-même à élasticité de transformation commerciale constante et finie  $\tau^e_{TRX}$  (finie et négative), telle que définie par l'équation 47. Cette hypothèse de transformation finie du produit vendu localement et du produit exporté d'une même branche de production repose sur l'idée que les deux produits ne sont pas nécessairement identiques. Decaluwé, Martens et Savard (2001) illustrent cela en donnant un exemple pour l'agriculture. Le produit local pourrait être du sorgho

et le produit exporté du coton. L'élasticité de transformation commerciale finie entre ces deux produits, qui correspondent à la stricte concavité de leur courbe de possibilités de production, exprime qu'il devient de plus en plus difficile, avec une dotation en terres cultivables, ou capital, qui est fixe, du moins à court-terme, de « faire » plus de coton et moins de sorgho, ou l'inverse. L'équation 47 montre que le ratio du volume offert localement et du volume exporté ( $D_{TRX} / EX_{TRX}$ ) décroît avec l'augmentation du prix relatif que reçoit le producteur pour ses ventes à l'étranger ( $Pe_{TRX} / Pl_{TRX}$ ), et l'inverse.

Le traitement des importations est donné par les équations 50 et 52. On suppose que l'utilisateur du produit TRX se voit offrir un volume total, ou ressource, du produit composite TRX ( $Q_{TRX}$ ) qu'il achète, en proportion variable, au reste du monde ( $M_{TRX}$ ) et sur le marché intérieur ( $D_{TRX}$ ). Son choix entre les deux sources d'approvisionnement est exprimé par une fonction de substitution commerciale à *élasticité de substitution commerciale constante et finie* ( $\sigma_{TRX}^m$ ) telle que décrite par l'équation 50. « C'est comme si le volume offert du produit composite était « produit » à l'aide de deux intrants : le produit importé et le produit local » (Decaluwé, Martens et Savard, 2001). L'équation 52 est la fonction de la demande d'importation du produit TRX.

Pour les biens non échangeables (NTRX), on considère que les ventes locales sont égales à la production (équation 48) et l'offre totale est égale aux ventes locales (équation 51).

Enfin, l'équation 53 indique que l'épargne étrangère ( $SR$ ) est égale au déficit courant de la balance des paiements extérieurs. Il s'agit de l'écart entre les ressources du reste du monde (importations, transferts reçus par le reste du monde et revenus du capital reçu par le reste du monde) et ses dépenses (exportations et transferts versés par le reste du monde).

## Bloc 6 : Modélisation des échanges extérieurs dans SENEAU statique

### Echanges extérieurs

$$(47) \quad XS_{TRX} = B_{TRX}^e \left[ \beta_{TRX}^e EX_{TRX}^{-\kappa_{TRX}^e} + (1 - \beta_{TRX}^e) D_{TRX}^{-\kappa_{TRX}^e} \right]^{-\frac{1}{\kappa_{TRX}^e}}$$

$$(48) \quad XS_{NTRX} = D_{NTRX}$$

$$(49) \quad D_{TRX} = \left[ \left( \frac{1 - \beta_{TRX}^e}{\beta_{TRX}^e} \right) \left( \frac{Pe_{TRX}}{Pl_{TRX}} \right) \right]^{\tau_{TRX}^e} EX_{TRX}$$

$$(50) \quad Q_{TRX} = A_{TRX}^m \left[ \alpha_{TRX}^m M_{TRX}^{-\rho_{TRX}^m} + (1 - \alpha_{TRX}^m) D_{TRX}^{-\rho_{TRX}^m} \right]^{-\frac{1}{\rho_{TRX}^m}}$$

$$(51) \quad Q_{NTRX} = D_{NTRX}$$

$$(52) \quad M_{TRX} = \left[ \left( \frac{\alpha_{TRX}^m}{1 - \alpha_{TRX}^m} \right) \left( \frac{Pd_{TRX}}{Pm_{TRX}} \right) \right]^{\sigma_{TRX}^m} D_{TRX}$$

$$(53)$$

$$SR = e \sum_{TRX} Pw_{m_{TRX}} M_{TRX} + \lambda_{row} \left( \sum_{AGR} r_1 KD_{AGR} + \sum_{NAG} r_2 KD_{NAG} \right) + TEW + TGW - e \sum_{TRX} Pwe_{TRX} EX_{TRX} - \sum_H TWM_H - TWG$$

## 1.6 Le bloc des prix (voir bloc 7)

Les équations 54 à 62 définissent les prix du modèle. L'équation 54 indique que le prix de la valeur ajoutée des secteurs K ( $PV_K$ ) est égal à la valeur de la production nette des coûts intermédiaires rapportée au volume de la valeur ajoutée. La demande intermédiaire ( $DI_{TR,K}$ ) est exprimée aux prix du marché des produits composites ( $PC_{TR}$ ). Le prix composite est celui qui détermine l'équilibre de l'offre totale du produit ( $Q_{TR}$ ), qu'elle soit d'origine locale ou étrangère, et la somme de ses utilisations intérieures.

L'équation 55 permet de passer du prix international en devise du produit importé ( $Pw_{m_{TRX}}$ ) à son prix intérieur de marché ( $Pm_{TRX}$ ), la différence entre les deux prix étant liée au taux de change extérieur nominal ( $e$ ) et aux taux (nets) d'imposition indirecte, douanière ( $tm_{TRX}$ ) et intérieure ( $tx_{TRX}$ ).

Le prix reçu par le producteur à l'exportation du produit ( $Pe_{TRX}$ ) est, conformément à l'équation 56, égal au prix international en monnaie nationale ( $ePwe_{TRX}$ ).

Pour les biens échangeables (TRX), le prix du marché du produit local vendu sur le marché intérieur ( $Pd_{TRX}$ ) est, comme l'indique l'équation 57, égal à la différence entre la valeur de l'offre totale du produit, au prix composite, et celle de l'importation de ce produit à son prix intérieur, par unité vendue localement,  $D_{TRX}$  étant le volume du produit local écoulé sur le marché intérieur.

Pour les biens non échangeables (NTRX), le prix du marché du produit vendu sur le marché intérieur ( $Pd_{NTRX}$ ) est, comme l'indique l'équation 58, égal à la valeur de l'offre totale du produit au prix composite par unité vendue localement,  $D_{NTRX}$  étant le volume du produit local vendu sur le marché intérieur.

L'équation 59 montre qu'il suffit de diviser  $Pd_{TR}$  par  $(1+tx_{TR})$  pour obtenir le prix reçu par le producteur pour ses ventes sur le marché intérieur ( $Pl_{TR}$ ).

Pour les biens échangeables, le prix au producteur sur l'ensemble de ses ventes ( $P_{TRX}$ ), qu'elles soient sur le marché intérieur ou à l'exportation est, comme l'établit l'équation 60, une moyenne pondérée de  $Pl_{TRX}$  et  $Pe_{TRX}$ , les pondérations étant les parts vendues localement et à l'exportation du volume du produit, soit  $D_{TRX} / XS_{TRX}$  et  $EX_{TRX} / XS_{TRX}$ . Pour les biens non échangeables, le prix au producteur sur l'ensemble de ses ventes locales ( $P_{NTRX}$ ) est établi par l'équation 61.

Finalement, l'équation 62 définit un indice général des prix ( $P_{index}$ ) qui est le prix du PIB au coût des facteurs, c'est-à-dire la somme des prix de la valeur ajoutée ( $PV_j$ ), pondérés par les parts de la valeur ajoutée des branches d'activité dans le PIB total (les  $\delta_j$ ).

### Bloc 7 : Modélisation des prix dans SENEAU statique

#### Prix

$$(54) \quad PV_K = \left( P_K XS_K - \sum_{TR} DI_{TR,K} Pc_{TR} \right) / VA_K$$

$$(55) \quad Pm_{TRX} = ePwm_{TRX} (1 + tm_{TRX})(1 + tx_{TRX})$$

$$(56) \quad Pe_{TRX} = ePwe_{TRX}$$

$$(57) \quad Pd_{TRX} = \frac{Pc_{TRX} Q_{TRX} - Pm_{TRX} M_{TRX}}{D_{TRX}}$$

$$(58) \quad Pd_{NTRX} = \frac{Pc_{NTRX} Q_{NTRX}}{D_{NTRX}}$$

$$(59) \quad Pl_{TR} = \frac{Pd_{TR}}{(1 + tx_{TR})}$$

$$(60) \quad P_{TRX} = \frac{Pl_{TRX} D_{TRX} + Pe_{TRX} EX_{TRX}}{XS_{TRX}}$$

$$(61) \quad P_{NTRX} = \frac{Pl_{NTRX} D_{NTRX}}{XS_{NTRX}}$$

$$(62) \quad P_{index} = \sum_j PV_j \delta_j$$

## 1.7 Les conditions d'équilibre

1.7.1 Introduction d'un salaire d'efficience et d'un chômage involontaire sur le marché du travail (voir bloc 8)

À partir des travaux de Annabi (2003), nous introduisons un salaire d'efficience et du chômage involontaire dans le modèle EGC (Shapiro et Stiglitz (1984)).

Rappelons que la théorie du salaire d'efficience explique en partie la formation des salaires et l'équilibre sur le marché de l'emploi dans un environnement non concurrentiel. Elle s'inscrit dans un cadre intertemporel de mobilité des travailleurs entre le chômage et l'emploi.

Plus précisément, la théorie du salaire d'efficience explique la relation positive qui peut exister entre la rémunération d'un individu et sa productivité. Il existe quatre principaux courants dans la littérature. Le premier courant se fonde sur un mécanisme incitatif à l'effort (Shapiro et Stiglitz, 1984). Le deuxième retient l'idée qu'un chef d'entreprise pourrait pratiquer une politique de hausse salariale afin d'attirer les meilleurs éléments. Un troisième courant repose sur le coût de rotation de la main d'œuvre tel que coût d'embauche et de formation. Enfin, l'approche sociologique postule que les travailleurs considèrent que leurs rémunérations reflètent le caractère équitable de la relation salariale. Il existe une présentation de ces versions dans Akerlof et Yellen (1986) et Cahuc et Zylberberg (1996). Dans notre cas, nous restreignons notre analyse au courant d'incitation à l'effort et du contrôle imparfait des employés.

Dans la lignée des travaux de Annabi (2003), nous présentons un modèle avec salaire d'efficiency et chômage involontaire. Pour cela, nous partons du modèle à salaire d'efficiency de Shapiro et Stiglitz 1984.

L'utilité espérée d'un travailleur qui tire au flanc est :

$$rrU_s = w - (qq + bb)(U_s - U_u) \quad (1)$$

Avec  $qq, bb, rr, w$  qui représentent respectivement la probabilité de détection du tir au flanc, la probabilité exogène de perdre son emploi, le taux d'actualisation et le taux de salaire.

L'utilité espérée d'un travailleur honnête s'écrit :

$$rrU_n = w - ee - bb(U_n - U_u)$$

(2)

Avec  $ee \geq 0$  représentant la désutilité de l'effort. Pour un tir au flanc  $ee$  est égal à zéro.

L'utilité d'un chômeur noté  $U_u$  est :

$$rrU_u = \bar{w} + a(U_{eu} - U_u) \quad (3)$$

Avec  $\bar{w}$  : allocations chômage

$a$  : probabilité de trouver un emploi

$U_{eu}$  : l'utilité espérée d'un travailleur sur le marché de l'emploi qui est égale à  $U_n$  à l'équilibre.

Un travailleur décide de ne pas tricher si  $U_n - U_s \geq 0$ . Cette relation détermine la contrainte incitative (*No shirking constraint*, NSC). En combinant les équations (1) et (2), cette condition peut s'écrire sous la forme suivante :

$$w \geq rU_u + \frac{ee(rr + bb + qq)}{qq}$$

En égalisant les termes des équations (1) et (2) et avec l'équation (3) en supposant  $U_{eu} = U_n$ , la contrainte incitative s'écrit :

$$w \geq \bar{w} + ee + \frac{ee(a + bb + rr)}{qq}$$

De cette équation nous remarquons que le salaire d'efficiency est croissant avec la probabilité exogène de la perte d'emploi  $bb$ , la probabilité de trouver un emploi  $a$ , la taux d'actualisation  $rr$ , les allocations chômage  $\bar{w}$  et l'effort fourni  $ee$ , et il est décroissant avec le taux de détection  $qq$ , qui représente la capacité de l'entreprise à contrôler le tire au flanc.

À l'équilibre le flux de travailleurs quittant le chômage ( $a(LS - L)$ ) est égale au flux des travailleurs dans le pool des chômeurs ( $bbL$ ) :

$$bbL = a(LS - L)$$

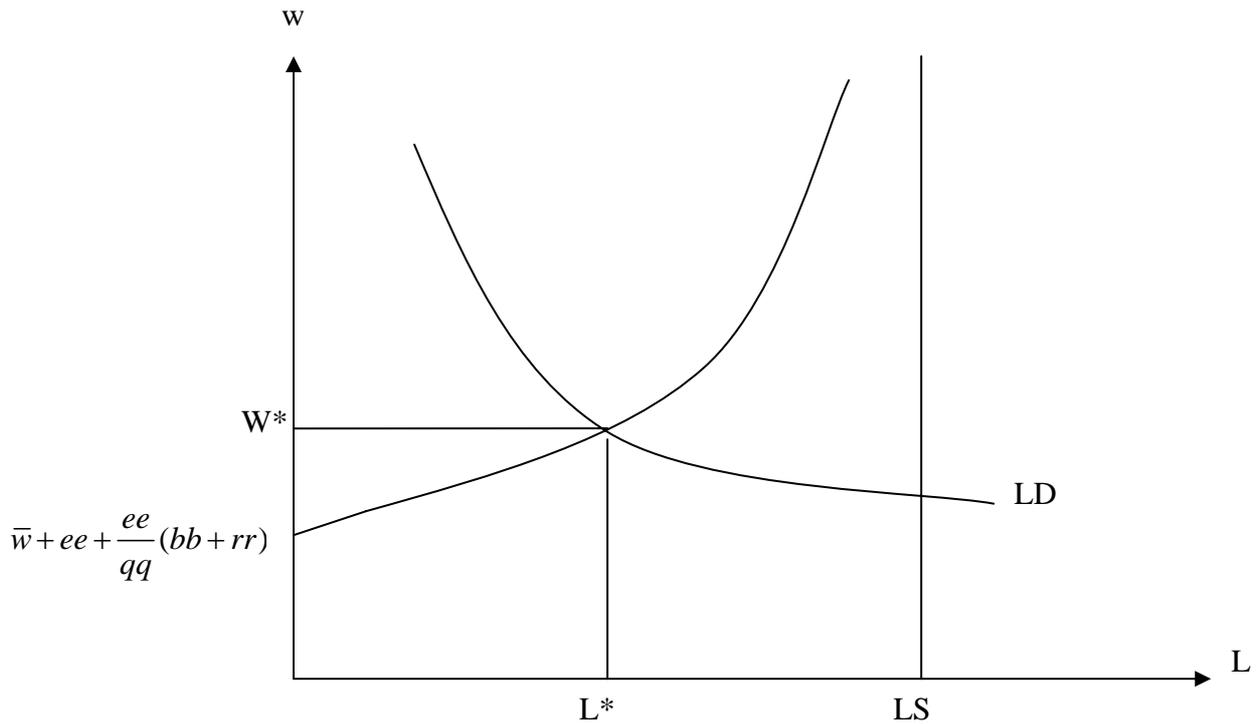
Avec le taux de chômage  $un$  définit par :

$$un = \frac{LS - L}{LS}$$

La contrainte incitative (NSC) devient :

$$w = \bar{w} + ee + \frac{ee}{qq} \left( \frac{bb}{un} + rr \right) \quad (\text{NSC})$$

Cette condition représentée sur le graphique suivant, détermine le taux de salaire dans l'économie qui est une relation inverse du taux de chômage. L'équilibre sur le marché de l'emploi est un équilibre avec chômage involontaire.



Equilibre avec chômage involontaire

La condition incitative 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. Les allocations chômage  $\bar{w}$  sont supposées nulles.

Ainsi, l'équation (63) donne l'équilibre sur le marché du travail où l'offre totale ( $LS$ ) est égale à la somme des demandes de travail des branches  $J$  ( $LD_j$ ) et du chômage involontaire (au taux  $un$ ). L'équation (64) décrit la détermination du salaire à partir de la contrainte incitative.

**Bloc 8 : Modélisation des conditions d'équilibre sur le marché du travail dans SENEAU statique**

**Conditions d'équilibre**

**Marché du travail (chômage)**

(63)  $LS = \sum_j LD_j + unLS$  Equilibre sur le marché du travail

(64)  $w = ee + (ee / qq) * (bb / un + rr)$  Contrainte incitative

### 1.7.2 Les autres conditions d'équilibre (voir bloc 9)

La détermination des règles de clôture du modèle est essentielle puisqu'elle permet d'avoir un modèle bien dimensionné. La procédure de bouclage du modèle est la suivante.

L'équation (65) représente la condition d'équilibre du marché des biens (good). L'offre du produit composite ( $Q_{good}$ ) est la somme des demandes intermédiaires ( $DIT_{good}$ ), les consommations finales des ménages ( $C_{good,H}$ ) et les demandes d'investissements en biens ( $INV_{good}$ ). L'équation (66) montre que l'offre des services marchands non intensifs en eau ( $Q_{SMNIE}$ ) est égale à la somme des consommations finales des ménages ( $C_{SMNIE,H}$ ), des demandes intermédiaires ( $DIT_{SMNIE,H}$ ) et des demandes d'investissements ( $INV_{SMNIE}$ ). L'offre totale de capital agricole ( $KS_1$ ) est égale à la somme des demandes de capital agricole ( $KD_{AGR}$ ) par les secteurs agricoles (équation (67)). L'offre totale de capital non agricole ( $KS_2$ ) est égale à la somme des demandes de capital non agricole par les secteurs non agricoles ( $KD_{NAG}$ ) (équation (68)). L'offre totale de terre ( $TS$ ) est égale à la somme des demandes de terre par les différents secteurs agricoles ( $TD_{AGR}$ ) (équation (69)). L'équation (70) montre que l'investissement total ( $IT$ ) est égal à la somme de l'épargne des ménages ( $SM_H$ ), des firmes ( $SE$ ), du gouvernement ( $SG$ ) et de l'extérieur ( $SR$ ). Cette hypothèse est connue sous le nom de bouclage néoclassique.

L'équation (71) de la variation équivalente des ménages ( $EV_H$ ) évalue la modification du bien-être des différentes catégories de ménages suite à une mesure ou un choc externe.

Enfin, l'équation (72) permet de vérifier si la solution du modèle satisfait à la loi de Walras ( $LEON$ ).

#### **Bloc 9 : Modélisation des autres conditions d'équilibre de SENEAU statique**

##### **Autres conditions d'équilibre du modèle SENEAU statique**

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

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

$$(67) \quad KS_1 = \sum_{AGR} KD_{AGR}$$

$$(68) \quad KS_2 = \sum_{NAG} KD_{NAG}$$

$$(69) \quad TS = \sum_{AGR} TD_{AGR}$$

$$(70) \quad IT = \sum_H SM_H + SE + SG + SR$$

$$(71) \quad EV_H = \prod_{TR} \left( \frac{PCO_{TR}}{PC_{TR}} \right)^{Y_{TR,H}} \left( CTM_H - \sum_{TR} PC_{TR} \bar{C}_{TR,H} \right) - \left( CTMO_H - \sum_{TR} PCO_{TR} \bar{C}_{TR,H} \right)$$

$$(72) \quad LEON = Q_{SMIE} - \sum_H C_{SMIE,H} - DIT_{SMIE} - INV_{SMIE}$$

## 1.8 Bouclage de SENEAU statique

Le modèle SENEAU statique comporte 637 équations pour 753 variables. Parmi celles-ci 637 sont endogènes. Les variables exogènes sont les suivantes. On suppose que les dépenses en biens et services de l'État représentées par la production en valeur du secteur non marchand sont supposées fixes ( $G$ ). On suppose aussi exogène la balance courante ( $SR$ ), ce qui dans le mécanisme de fonctionnement du modèle, isole la situation où un afflux de capitaux extérieurs permettrait de financer les politiques domestiques. Dès lors, des importations accrues d'un groupe de biens et services vont nécessiter un accroissement des exportations d'autres biens et services ou alors une baisse des importations d'autres catégories afin de maintenir fixe la balance courante. L'offre totale des facteurs travail ( $LS$ ), capital agricole ( $KS_1$ ), capital non agricole ( $KS_2$ ) et terre ( $TS$ ) sont supposées exogènes. Les demandes de facteur eau primaire par les secteurs du riz irrigué ( $ED_{IRG}$ ) et de la production d'eau potable ( $ED_{WAT}$ ) sont exogènes (fixes)<sup>95</sup>. Les prix mondiaux des importations ( $Pwm_{TRX}$ ) et des exportations ( $Pwe_{TRX}$ ) sont aussi supposés donnés.

<sup>95</sup> Ces demandes d'eau primaires exogènes (spécifiques par secteur) correspondent à des quantités d'offre d'eau primaire contrainte par la disponibilité de la ressource.

Enfin, les dividendes ( $DIV_H$ ), tous les transferts entre les différents agents ( $TGM_H, TGW, RTF_{H,H}, TWM_H, TWG, TEW$ ) ainsi que le taux de change ( $e$ ) sont exogènes. Grâce à ces restrictions, le nombre d'équations (637) est égal au nombre de variables endogènes (637).

Compte tenu des accords relatifs à l'intégration monétaire des pays de l'UEMOA à laquelle appartient le Sénégal, le taux de change extérieur nominal ( $e$ ) est le numéraire du modèle.

## 1.9 Calibrage des paramètres et résolution du modèle SENEAU statique

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.

En l'absence de valeurs estimées des élasticités pour l'économie sénégalaise, le choix de certaines d'entre elles s'appuie sur des travaux portant sur d'autres pays en développement. Ainsi les élasticités revenu de même que les paramètres de Frisch sont tirés des travaux de Dorosh (1996) sur Madagascar. Le système de dépenses linéaires (LES) est calibré pour chaque groupe de ménage selon les parts budgétaires tirées des données de ménages et de la MCS, l'élasticité revenu des demandes et le paramètre de Frisch. Les élasticités de substitution du bloc d'équations commerce extérieur proviennent de la base de données du GTAP et sont relatives à la zone de l'Afrique subsaharienne. Les élasticités de transformation sont les mêmes que celles utilisées dans la construction du modèle d'équilibre général calculable du Sénégal construit par Cabral (2005).

Excepté ces paramètres, tous les autres sont calibrés à partir des données de la MCS. Les prix mondiaux des importations et des exportations de même que le taux de change, sont fixés à 1 à l'année de référence. Il en est de même du taux de salaire, du prix du capital, de la terre et de l'eau primaire. On a fixé les économies d'échelle dans la fonction de production d'eau potable à 1,3. Le taux de chômage à l'année de base est fixé à 10% et les autres paramètres de la contrainte incitative  $bb, qq, rr$  sont fixés respectivement à 0,1 ; 0,3 ; et 0,05 (Annabi, 2003). Toutes les autres valeurs portant sur les variables du modèle sont tirées de la matrice de comptabilité sociale du Sénégal de 1996.

La propriété du calibrage est de répliquer l'équilibre du modèle à la situation de référence. Les simulations sont par la suite effectuées sur la base de cet équilibre initial, dans l'environnement

GAMS<sup>96</sup>. Les simulations sont effectuées à partir de ce cadre de cohérence comptable défini par la MCS. Elles nous permettent d'avoir une compréhension plus exhaustive des effets probables d'une sécheresse et de la mise en place d'une nouvelle politique tarifaire de l'eau potable sur l'économie sénégalaise.

## Section 2 : Résultats des simulations

### 2.1 Première simulation : Une sécheresse n'affectant que l'agriculture (riz irrigué)

On suppose dans cette première simulation que le Sénégal subit une sécheresse (aléa climatique courant dans ce pays) mais que celle-ci n'affecte que l'agriculture. Il s'agit alors d'un choc climatique qui affecte la disponibilité de l'eau primaire dans le secteur du riz irrigué. Plus précisément, on suppose que la disponibilité d'eau primaire dans le secteur du riz irrigué chute de 50%. Les résultats de la simulation montrent comment la sécheresse affecte d'une part, l'agriculture et d'autre part, par effet d'entraînement, le reste de l'économie.

Concernant le secteur du riz irrigué, on observe les évolutions suivantes (voir tableau 85).

**Tableau 85 : Impacts sectoriels d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)**

(%)	VA	LD	KD	TD	CI	XS
RI	-19,59	+2,79	+2,39	+2,26	-19,59	-19,59

Afin de compenser la baisse de la disponibilité du facteur eau primaire, le secteur du riz irrigué substitue à l'eau primaire du travail (+2,79%), du capital (+2,39%) et de la terre (+2,26%). Mais malgré la hausse des demandes de ces trois facteurs qui se substituent à la ressource, la valeur ajoutée chute de -19,59%. Comme la production est une fonction Leontief (avec des parts de consommations intermédiaires et de valeur ajoutée constantes), la consommation intermédiaire totale et la production totale de la branche riz irrigué chutent aussi de -19,59%.

La baisse de la demande de facteur eau primaire par le riz irrigué génère une forte hausse (+104,82%) du rendement de l'eau primaire dans ce secteur. En effet, le rendement de l'eau

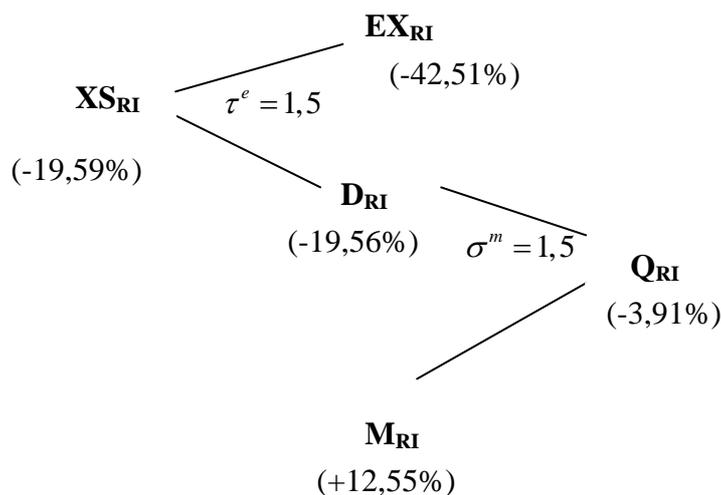
<sup>96</sup> General Algebraic Modeling System, Brooke, Kendrick et Meeraus, (1996).

primaire représente le prix implicite de la ressource en eau. La ressource étant devenue plus rare, son prix implicite augmente.

La baisse de la production du riz irrigué entraîne une chute dans les mêmes proportions des ventes locales de riz irrigué (-19,56%). On remarque que les exportations du riz irrigué chutent de -42,51% tandis que les importations augmentent de +12,55% afin d'accroître l'offre totale. En effet, compte tenu de cette hausse des importations, l'offre totale de riz irrigué ne diminue que de -3,91%. Les importations de riz irrigué viennent contrecarrer la chute de l'offre domestique.

En effet, la structure du marché est décrite à travers le schéma suivant.

**Schéma 2 : Impacts sur la structure du marché du secteur du riz irrigué d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)**



L'élasticité de substitution de la fonction d'Armington entre les ventes locales et les importations de riz irrigué ( $\sigma^m = 1,5$ ) est relativement élevée, ce qui signifie que le riz irrigué local et importé, bien que substitués imparfaits) sont relativement substituables entre eux. Ainsi, la hausse des importations (+12,55%) permet de compenser en partie la chute de la production locale (-19,59%). C'est pourquoi, l'offre totale de riz irrigué ne chute que de -3,91%. *A contrario*, la chute de la production locale génère une forte chute des exportations (-42,51%) puisque l'approvisionnement du marché local est préféré.

L'évolution de l'offre totale ( $Q_{RI}$ ) s'explique aussi par l'évolution des trois composantes de la demande totale de riz irrigué (consommation finale des ménages, demandes intermédiaires et demande d'investissement). C'est pourquoi, nous rappelons dans le tableau 86 la part de chaque composante pour chaque bien.

**Tableau 86 : Structure de la demande par produit, 1996, Sénégal (en %)**

%	Consommation finale	Demande intermédiaire	Demande d'investissement
RI	96,98	3,02	-
RP	66,07	7,75	26,18
MA	90,48	9,52	-
PEC	60,22	39,78	-
AA	41,82	54,74	3,44
IIE	29,32	67,70	2,98
INIE	23,96	44,27	31,77
EG	38,95	60,59	0,46
PE	-	100	-
BP	36,33	63,67	-
BF	9,94	10,96	79,10
DIE	80,41	19,59	-
SMIE	9,87	48,21	41,92
SMNIE	31,18	21,68	47,14
SNM	-	-	-

On voit nettement que l'évolution de l'offre totale de riz irrigué s'explique à presque 97% par l'évolution de la consommation des ménages. Or la consommation finale des ménages s'explique par l'évolution de son revenu, par la part initiale du RI est des autres biens dans leur consommation totale, par l'évolution du prix à la consommation du riz irrigué et des éventuels effets de substitution entre le riz irrigué et les autres biens et services.

L'évolution du revenu des ménages dépend de l'évolution des rémunérations factorielles dont ils sont dotés. On observe les évolutions suivantes (voir tableau 87).

**Tableau 87 : Impacts sur les rémunérations sectorielles n'affectant que l'agriculture (%) (SENEAU statique)**

Rt	Re1	Re2	R2	R1	w
+0,14	-0,68	+104,82	-0,47	+0,02	-0,36

Mais cette évolution des rémunérations factorielles s'explique par l'évolution des demandes de facteurs dans les autres secteurs de l'économie. On observe les évolutions suivantes (voir tableau 88).

**Tableau 88 : Impacts multisectoriels d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)**

%	XS	VA	KD	LD	TD	ED	CI
RI	-19,59	-19,59	+2,39	+2,79	+2,26	-50,00	-19,59
RP	-0,87	-0,87	-1,07	-0,69	-1,20	-	-0,87
MA	-0,75	-0,75	-0,97	-0,59	-1,10	-	-0,75
PEC	-0,22	-0,22	-0,16	-0,27	-0,67	-	-0,22
AA	-0,31	-0,31	-0,54	-0,16	-	-	-0,31
IIE	+0,47	+0,47	+0,49	+0,39	-	-	+0,47
INIE	+0,11	+0,11	+0,14	+0,03	-	-	+0,11
EG	-0,34	-0,34	-0,32	-0,42	-	-	-0,34
PE	-0,21	-0,21	-0,21	-0,32	-	0,00	-0,21
BP	-0,22	-0,22	-0,20	-0,30	-	-	-0,22
BF	-0,14	-0,14	-0,10	-0,21	-	-	-0,14
DIE	-0,77	-0,77	-0,67	-0,78	-	-	-0,77
SMIE	-0,06	-0,06	-0,01	-0,12	-	-	-0,06
SMNIE	-0,21	-0,21	-0,18	-0,29	-	-	-0,21
SNM	+0,33	+0,33	-	+0,33	-	-	+0,33

La chute de -50% de la disponibilité de la ressource en eau primaire dans le secteur du riz irrigué génère une substitution des autres facteurs à l'eau. La demande de terre augmente de +2,26%, celle du capital de +2,39% et celle du travail de +2,79%. Ce choc sur les demandes de facteurs dans le secteur du riz irrigué affecte les autres secteurs.

Le fait que le secteur du riz irrigué ait substitué les autres facteurs (terre, capital et travail) à l'eau primaire, on observe une réallocation des ressources des autres secteurs (sauf IIE et INIE) vers le riz irrigué, au détriment de ces autres secteurs.

Tout d'abord, regardons les effets dans les autres secteurs agricoles : le facteur terre s'est réalloué entre les secteurs agricoles. Elle a été réallouée en faveur du riz irrigué et au détriment du riz pluvial, du maraîchage et de l'autre agriculture. En effet, la demande de terre chute dans ces trois secteurs respectivement de -1,20% ; -1,10% et -0,67%. Mécaniquement, la chute de la demande de terre dans ces trois secteurs se répercute sur le volume de production totale : la valeur ajoutée et la production totale diminuent respectivement de -0,87% ; -0,75% et -0,22%. Concernant la demande des autres facteurs (travail et capital) dans ces trois secteurs, on observe les faits suivants. Malgré la forte intensité en travail relativement au capital (57,34% contre 30,54% pour

le riz pluvial, 59,29% contre 35,83% pour le maraîchage et 53,72% contre 46,28% pour la pêche et 61,43% contre 32,75% pour l'autre agriculture), on observe à la fois une légère baisse de la demande de travail dans ces trois secteurs (respectivement de -0,69%; -0,59% et -0,16%) et de la demande de capital (respectivement de -1,07% ; -0,97% et -0,54%). Le fait que la demande de terre diminue, on aurait pu s'attendre à une hausse des demandes de travail et de capital par effet de substitution des facteurs. Mais, il n'en est rien. Ceci s'explique par la contraction de ces secteurs.

La baisse de la production du riz irrigué et des autres branches agricoles a pour conséquence une baisse dans les mêmes proportions de la consommation intermédiaire totale de ces branches (puisque la fonction de production est de type Leontief) : -0,87% ; -0,75% et -0,31% pour le riz pluvial, le maraîchage et l'autre agriculture. Or, la part des consommations intermédiaires dans l'output du riz irrigué, du riz pluvial, du maraîchage et de l'autre agriculture représente respectivement 8,86%, 55,69%, 14,57% et 22,98%. En dehors du riz pluvial, ces secteurs ont un fort taux de valeur ajoutée mais les relations interbranches *via* les consommations intermédiaires qu'ils utilisent suffisent à expliquer la baisse de production des autres secteurs de l'économie (même si cette dernière s'explique probablement aussi par l'évolution de la demande) sauf l'industrie intensive en eau, l'industrie non intensive en eau et les services non marchands (+0,47%, +0,11% et +0,33%). La baisse de production des autres branches oscille entre -0,06% pour les services marchands intensifs en eau à -0,77% pour la distribution informelle d'eau potable. Ce sont les relations interbranches qui expliquent en partie (car effet combiné à celui de l'évolution de la demande) ces évolutions. Notamment, le secteur de distribution informelle d'eau potable approvisionne essentiellement le maraîchage. Comme ce dernier est en contraction, la distribution informelle d'eau potable s'en trouve très touchée.

De plus, la demande intermédiaire totale des biens de l'autre agriculture par les autres branches représentant 54,74% de la demande totale de ces biens, la baisse de la production de l'autre agriculture affecte toutes les branches utilisatrices de cet intrant.

Regardons maintenant l'impact de la baisse des productions sur les prix sachant que ceux-ci sont influencés par l'évolution du marché selon le schéma suivant (voir schéma 3 et tableaux 89 et 90).

Schéma 3 : La formation des prix à travers la structure du marché dans SENEAU statique

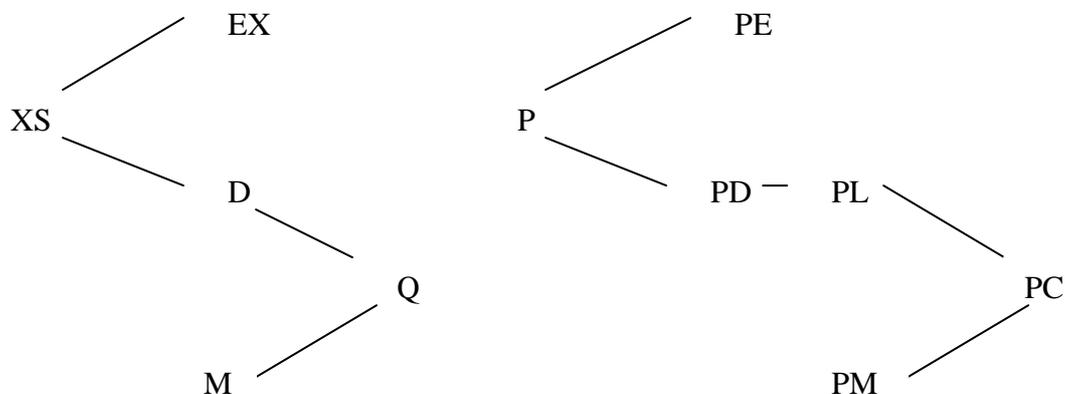


Tableau 89 : Impacts sur les différents prix des produits d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)

%	PV	P	PD	PL	PC	PM	PE
RI	+27,37	+25,07	+25,10	+25,10	+11,12	-	-
RP	-0,18	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24	-	-
MA	-0,20	-0,22	-0,22	-0,22	-0,21	-	-
PEC	-0,41	-0,39	-0,50	-0,50	-0,46	-	-
AA	-0,21	-0,23	-0,23	-0,23	-0,21	-	-
IIE	-0,45	-0,37	-0,58	-0,58	-0,28	-	-
INIE	-0,43	-0,32	-0,42	-0,42	-0,25	-	-
EG	-0,45	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-	-
PE	-0,47	-0,47	-0,47	-0,47	-0,47	-	-
BP	-0,45	-0,44	-0,44	-0,44	-0,44	-	-
BF	-0,43	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-	-
DIE	-0,37	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	-	-
SMIE	-0,42	-0,36	-0,39	-0,39	-0,38	-	-
SMNIE	-0,44	-0,36	-0,42	-0,42	-0,39	-	-
SNM	-0,36	-0,33	-	-	-	-	-

**Tableau 90 : Impacts sur les structures de marché des différents produits d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)**

%	XS	D	EX	$\tau^e$	M	$\sigma^m$	Q
RI	-19,59	-19,56	-42,51	1,5	+12,55	1,5	-3,91
RP	-0,87	-0,87	-	-	-	-	-0,87
MA	-0,75	-0,76	-0,41	1,5	-1,10	1,5	-0,78
PEC	-0,22	-0,38	+0,37	1,5	-1,12	1,5	-0,44
AA	-0,31	-0,32	+0,02	1,5	-0,68	1,5	-0,36
IIE	+0,47	+0,16	+1,05	1,5	-0,71	1,5	-0,29
INIE	+0,11	-0,04	+0,59	1,5	-0,68	1,5	-0,30
EG	-0,34	-0,34	-	-	-	-	-0,34
PE	-0,21	-0,21	-	-	-	-	-0,21
BP	-0,22	-0,22	-	-	-	-	-0,22
BF	-0,14	-0,14	-	-	-	-	-0,14
DIE	-0,77	-0,77	-	-	-	-	-0,77
SMIE	-0,06	-0,11	+0,48	1,5	-0,70	1,5	-0,13
SMNIE	-0,21	-0,29	+0,34	1,5	-0,92	1,5	-0,32
SNM	+0,33	-	-	-	-	-	-

Tout d'abord on observe que la forte chute de la production de riz irrigué génère un déséquilibre sur le marché des biens et services (*ceteris paribus*, l'offre devient inférieure à la demande) qui provoque une forte hausse du prix à la consommation du riz irrigué (+11,12%). Rappelons que la demande de riz irrigué émane à presque 97% de la consommation finale des ménages et que la consommation de ce bien pour la satisfaction des besoins minima est pour une bonne part incompressible.

Le schéma 3 décrivant la structure du marché dans SENEAU statique montre comment les différents prix sont influencés par la production mais aussi par les importations et les exportations. C'est pourquoi, il nous faut regarder la structure de marché des différents biens.

On a vu que pour le riz irrigué, que la chute de la production (-19,59%) génère une forte chute des exportations (-42,51%) (élasticité de substitution élevée dans la fonction CET entre marché local et extérieur) pour donner priorité au marché local. Les ventes domestiques chutent aussi (-19,56%), mais sont compensées par une hausse des importations (+12,55%). C'est pourquoi, l'offre totale de riz irrigué ne diminue que de -3,91%.

Mais pour les autres produits agricoles, la chute de la production n'est pas contrecarrée par une hausse des importations : les importations de produits du maraîchage, de la pêche et de l'autre agriculture diminuent respectivement de -1,10% ; -1,12% et -0,68%. Ceci devrait s'expliquer alors par l'évolution de la demande intérieure car *a contrario* la demande d'exportation des produits de la

pêche et de l'autre agriculture augmente respectivement de +0,37% et +0,02%, ce qui signifie que les producteurs substituent le marché extérieur au marché local.

Pour les services marchands intensifs ou non en eau, la chute de la production n'est pas contrecarrée non plus par une hausse des importations. En effet, ces dernières chutent respectivement de -0,70% et -0,92%. Ceci semble aller dans le sens du constat d'une contraction de la demande intérieure. *A contrario*, leurs exportations respectives augmentent de +0,48% et +0,34% ce qui signifie que les producteurs locaux substituent le marché extérieur au marché local. Pour les industries intensives ou non en eau, on observe aussi une chute des importations de -0,71% et -0,68% et une hausse des exportations de +1,05% et +0,59%. Les produits des industries intensives ou non en eau sont ceux pour laquelle la demande d'exportation est la plus forte. C'est ce niveau de demande d'exportation relativement élevé qui justifie que malgré la contraction de la demande intérieure, le niveau de production de ces deux secteurs augmente respectivement de +0,47% et +0,11%. Ce sont les deux seuls secteurs qui ne sont pas affectés négativement par le choc de sécheresse.

Le constat du marché nous laisse penser que la demande intérieure se contracte. Ceci se vérifie tout d'abord par le constat d'une baisse du prix à la consommation de tous les biens et services de l'économie (sauf le riz irrigué), ce qui traduit que face à la contraction de l'offre, on observe aussi une contraction de la demande. Pourquoi cette baisse de la demande ?

Regardons à présent l'évolution des différentes composantes de la demande.

Pour ce qui est de la composante intermédiaire, on sait que la baisse de la production des branches (sauf l'industrie intensive en eau, l'industrie non intensive en eau et les services non marchands) génère une baisse dans les mêmes proportions des consommations intermédiaires totales des branches mais aussi des demandes intermédiaires totales en biens. Celles-ci diminuent respectivement de -4,50% ; -0,87% ; -0,17% ; -0,005% ; -0,21% ; -0,75% ; -0,74% ; -0,05% et -0,11% pour le riz irrigué, le riz pluvial, le maraîchage, l'industrie non intensive en eau, la production d'eau potable, les bornes-fontaines, la distribution informelle d'eau potable, les services marchands intensifs ou non en eau. Seules les demandes intermédiaires de pêche, d'autre agriculture, d'industries intensives en eau, d'énergie et de branchements privés augmentent (respectivement de +0,05% ; +0,01% ; +0,02% ; +0,10% et +0,08%) mais très faiblement. Ceci signifie qu'au total, on observe plutôt une tendance à la baisse de la demande intermédiaire,

pouvant expliquer en partie la baisse des prix des biens. En effet, cette baisse de la demande intermédiaire s'accompagne d'une baisse de la consommation finale des ménages. Bien que nous n'ayons pas encore analysé l'évolution du revenu disponible des ménages, l'évolution des importations à la baisse (sauf pour le riz irrigué) va en faveur de son constat. En effet, l'élasticité de la fonction d'Armington étant relativement élevée, si la demande intérieure demeurerait soutenue, alors la chute de la production serait contrecarrée par une hausse des importations. Or ce n'est pas le cas, sauf pour le riz irrigué, comme nous l'avons vu plus haut.

Pour comprendre l'évolution de la consommation finale des ménages, il nous faut d'abord regarder l'évolution de leurs revenus bruts et disponibles des ménages (voir tableau 91).

**Tableau 91 : Impacts sur le revenu des ménages d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
YM	-0,31	-0,32	-0,22	-0,27	-0,18	-0,20	-0,32	+0,16
YDM	-0,38	-0,42	-0,23	-0,28	-0,18	-0,20	-0,55	+0,16

Cette évolution des revenus des ménages s'explique par l'évolution des rémunérations factorielles (voir tableau 87 plus haut) mais aussi par la part initiale de dotation en facteur des différentes catégories de ménages (car les transferts sont exogènes). On comprend alors que seul le revenu des ménages du fleuve augmente puisqu'il est initialement fortement doté en eau primaire (22,29% de son revenu en est issu). En effet, bien que la demande d'eau primaire ait brutalement chuté de moitié (du fait de la sécheresse), la rémunération de l'eau primaire (ou prix implicite de la ressource) ayant fortement augmenté (+104,82%), leur revenu issu de l'eau primaire augmente. De même, ces ménages du Fleuve sont fortement dotés en capital agricole (33,98%) et compte tenu de la hausse de la rémunération du capital agricole (+0,02%), leurs revenus issus du capital agricole augmentent aussi. De même, la rémunération de la terre ayant progressé de +0,14%, leur revenu issu de la terre augmente. Ainsi, ceci compense largement la baisse du revenu issu du travail provoquée par la chute de taux de salaire (-0,36%).

Par contre, le revenu des autres catégories de ménages chutent mais dans des proportions différentes compte tenu de leurs dotations initiales en facteurs. C'est le revenu des ménages de la Casamance qui baisse le moins (-0,18%). En effet, il bénéficie aussi de la hausse du rendement de l'eau primaire, de la hausse du rendement de la terre (facteur dont il est relativement aux autres ménages le plus doté : 7,31%) et de la hausse du rendement du capital agricole (facteur dont il est

relativement aux autres facteurs le plus doté : 36,81%). Ce sont les revenus des ménages urbains (Dakar et Autres centres urbains) qui sont les plus affectés. Ils diminuent respectivement de -0,31% et -0,32%. Ceci s'explique par le fait que n'étant ni doté en eau primaire ni en capital agricole, ils accusent la chute du taux de salaire et de la rémunération du capital non agricole (-0,47%), les deux facteurs dont ils sont dotés.

Enfin les ménages ruraux (du bassin arachidier, de Niayes, de la zone sylvo-pastorale et du Sénégal oriental) voient leurs revenus diminuer plus que ceux de la Casamance et du Fleuve parce qu'ils ne sont pas dotés en eau et moins dotés en terre.

Le revenu disponible des ménages évolue dans des proportions proches, compte tenu du taux d'imposition initial auquel est soumis leur revenu.

Maintenant que nous connaissons l'évolution du revenu disponible des ménages, nous pouvons au regard de l'évolution des prix à la consommation, expliquer l'évolution de la consommation finale des biens et services des ménages (voir tableau 92).

**Tableau 92 : Impacts sur la consommation multi-produits des ménages d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)**

C (%)	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
RI	-4,37	-4,45	-3,14	-3,23	-3,43	-3,00	-3,27	-2,93
RP	-	-	-0,93	-	-1,19	-	-1,15	-
MA	-0,75	-0,84	-0,94	-1,12	-1,19	-0,85	-1,16	-0,71
PEC	-0,66	-0,75	-0,88	-1,07	-1,14	-0,80	-1,11	-0,65
AA	-0,75	-0,84	-0,94	-1,12	-1,19	-0,85	-1,16	-0,71
IIE	-0,85	-0,95	-1,45	-1,74	-1,85	-1,32	-1,80	-1,09
INIE	-0,86	-0,97	-1,46	-1,75	-1,86	-1,33	-1,81	-1,10
EG	-0,79	-0,89	-1,36	-1,63	-1,74	-1,23	-1,70	-1,01
PE	-	-	-	-	-	-	-	-
BP	-0,67	-0,76	-0,89	-1,07	-1,14	-0,80	-1,11	-0,66
BF	-0,68	-0,77	-0,89	-1,07	-1,15	-0,81	-1,12	-0,66
DIE	-0,69	-0,78	-0,90	-1,08	-1,16	-0,82	-1,13	-0,67
SMIE	-0,79	-0,89	-1,35	-1,63	-1,74	-1,23	-1,69	-1,01
SMNIE	-0,78	-0,88	-1,35	-1,62	-1,73	-1,22	-1,69	-1,00
SNM	-	-	-	-	-	-	-	-

Plusieurs facteurs permettent d'expliquer l'évolution des consommations des ménages :

- 1) L'évolution de leur revenu disponible
- 2) L'évolution du prix à la consommation des biens et services

- 3) La part initiale de chaque bien dans la consommation totale
- 4) La part initiale des consommations incompressibles des biens dans la consommation totale (fonction LES)
- 5) L'élasticité revenu des biens pour chaque ménage
- 6) Les effets de substitution entre les biens potentiels qui en découlent

C'est pourquoi, nous présentons les propensions marginales discrétionnaires à consommer du produit TR par les ménage H (issues de la fonction LES de consommation) ainsi que les valeurs des élasticités revenu du bien TR du ménage H (voir les deux tableaux suivants 93 et 94).

**Tableau 93 : Propensions marginales discrétionnaires à consommer des différents produits par les ménages dans SENEAU statique (gamma)**

gamma	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
RI	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,10	0,11	0,12
RP	-	-	0,001	-	0,02	0,01	0,01	-
MA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
PEC	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03
AA	0,08	0,08	0,16	0,11	0,21	0,12	0,12	0,20
IIE	0,18	0,16	0,13	0,20	0,18	0,20	0,20	0,15
INIE	0,23	0,22	0,21	0,26	0,13	0,22	0,22	0,24
EG	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
PE	-	-	-	-	-	-	-	-
BP	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
BF	0,0005	0,0005	0,002	0,002	0,0001	0,0005	0,0005	0,0002
DIE	0,005	0,001	0,004	0,002	0,001	0,002	0,002	0,0005
SMIE	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
SMNIE	0,21	0,25	0,17	0,14	0,16	0,17	0,17	0,15

**Tableau 94 : Elasticités revenu des différents produits des ménages dans SENEAU statique (yelas)**

yelas	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
RI	0,91	0,91	0,79	0,76	0,81	0,77	0,76	0,79
RP	0,91	0,91	0,79	0,76	0,81	0,77	0,76	0,79
MA	0,91	0,91	0,79	0,76	0,81	0,77	0,76	0,79
PEC	0,91	0,91	0,79	0,76	0,81	0,77	0,76	0,79
AA	0,91	0,91	0,79	0,76	0,81	0,77	0,76	0,79
IIE	1,06	1,06	1,24	1,20	1,27	1,20	1,20	1,24
INIE	1,06	1,06	1,24	1,20	1,27	1,20	1,20	1,24
EG	1,03	1,03	1,18	1,15	0,22	1,15	1,15	1,18
BP	0,91	0,91	0,79	0,76	0,81	0,77	0,76	0,79
BF	0,91	0,91	0,79	0,76	0,81	0,77	0,76	0,79
DIE	0,91	0,91	0,79	0,76	0,81	0,77	0,76	0,79
SMIE	1,03	1,03	1,18	1,15	1,22	1,15	1,15	1,18
SMNIE	1,03	1,03	1,18	1,15	1,22	1,15	1,15	1,18

Tout d'abord, on observe que la consommation du riz irrigué est celle qui chute le plus. Ceci s'explique par le fait que son prix à la consommation a beaucoup augmenté (+11,12%). Elle chute entre -2,93% pour les ménages du Fleuve et -4,45% et -4,37% pour les ménages des autres centres urbains et de Dakar. La consommation finale de riz irrigué chute plus pour les ménages urbains que pour les ménages ruraux pour plusieurs raisons. La principale raison tient à la chute plus importante des revenus disponibles urbains qui se répercute sur la consommation du riz irrigué. De plus, leur élasticité revenu des biens agricoles est plus forte que celle des ménages ruraux. La chute la plus faible de consommation de riz irrigué concerne les ménages du Fleuve (-2,93%). Ceci s'explique par le fait que, bien que le prix de consommation du riz irrigué ait augmenté, leur consommation de ce bien diminue plus faiblement parce que parallèlement revenu disponible a augmenté (+0,16%). La consommation de riz irrigué des autres ménages ruraux baisse aux alentours de -3%.

Malgré la baisse des prix à la consommation des autres biens et services, leur consommation diminue pour toutes les catégories de ménages. En effet, la part des riz irrigué dans le budget de consommation étant devenue coûteuse, on observe un effet de substitution des autres biens et services au riz irrigué pour tenter de minimiser la chute de la consommation de ce dernier nécessaire au maintien des besoins fondamentaux. Mais les chutes de consommations des biens et services sont plus ou moins grandes selon les produits et les ménages. Cela dépend de l'évolution du revenu disponible de chacun de ces derniers et de leur structure initiale de consommation (lisible travers les paramètres gamma et yelas).

On observe les grandes tendances suivantes :

- 1) La consommation diminue généralement plus pour les ménages de la Casamance bien qu'il s'agisse (en dehors des ménages du Fleuve) des ménages dont le revenu disponible chute le moins. Ceci s'explique par le fait que c'est le ménage qui a la propension marginale discrétionnaire à consommer du riz irrigué la plus élevée : il est donc très affecté par la hausse du prix du riz irrigué qui l'oblige à diminuer plus fortement sa consommation des autres biens et services.
- 2) Chez les ménages de la Casamance, la chute de la consommation la plus forte (en dehors du riz irrigué) concerne les biens industriels intensifs ou non en eau. Ceci s'explique par le fait que leur élasticité revenu pour ces biens est la plus élevée parmi tous les ménages.
- 3) Les ménages urbains (Dakar et autres centres urbains) diminuent toujours moins leur consommation des biens et services (en dehors du riz irrigué) que les ménages ruraux bien que leurs revenus soient plus affectés. Pourquoi ?
- 4) Parmi les ménages ruraux, ceux qui diminuent le moins leur consommation sont ceux du Fleuve compte tenu de l'évolution favorable de leur revenu disponible.
- 5) Pour tous les ménages, la baisse de la consommation informelle d'eau potable est plus forte que celle de l'eau à la borne-fontaine elle-même plus forte que celle distribuée via le branchement privé. Ceci signifierait que le branchement privé se substitue à la borne fontaine qui elle-même se substitue à l'informel. En effet, le prix à la consommation de l'eau au branchement privé diminue plus (-0,44%) que celui à la borne-fontaine (-0,42%) et que celui de l'informel (-0,38%).

L'évolution combinée des revenus et des consommations des ménages débouchent sur une dégradation du bien être pour tous (voir tableau 95).

**Tableau 95 : Impacts sur le bien être des ménages d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
EV	-0,48	-0,59	-1,40	-1,75	-1,80	-1,39	-1,04	-0,94

Les ménages urbains sont ceux dont la dégradation du bien être est la plus faible (respectivement -0,595% et -0,486% pour les autres centres urbains et Dakar). En effet, ce sont les ménages qui ont le moins diminué leur consommation (en dehors du riz irrigué) malgré la forte baisse de leur revenu disponible. Parmi les ménages ruraux, la dégradation du bien être de ceux du Fleuve est la

plus faible compte tenu que leur revenu disponible n'a pas chuté et que leur consommation a le moins chuté. Parmi les autres ménages ruraux, les plus affectés sont ceux de Niayes (-1,75%) et de la Casamance (-1,80%) puisque leur consommation a fortement chuté. Au total, le bien être au Sénégal se dégrade de -0,68%.

Du côté des entreprises, on observe les évolutions suivantes. Compte tenu de la baisse importante du rendement du capital non agricole (-0,47%) relativement à la légère hausse du rendement du capital agricole (+0,14%), leur revenu diminue de -0,41%. Ainsi leur épargne se dégrade de -1,34%.

Les ressources du gouvernement dépendent de l'évolution des recettes douanières et des taxes indirectes qui sont les suivantes (voir tableau 96).

**Tableau 96 : Impacts sur les recettes indirectes de l'État d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)**

%	TIM	TI
RI	+12,55	+6,75
RP	-	-
MA	-1,10	-1,00
PEC	-	-
AA	-0,68	-0,57
IIE	-0,71	-0,57
INIE	-0,68	-0,55
EG	-	-0,70
PE	-	-0,68
BP	-	-0,66
BF	-	-0,57
DIE	-	-
SMIE	-	-0,51
SMNIE	-	-0,72

La hausse des recettes douanières et indirectes sur le riz irrigué (respectivement +12,55% et +6,75%) ne suffit à compenser la chute des recettes douanières sur les autres biens et services (liées à la baisse des importations) et la chute des recettes indirectes sur tous les biens et services de l'économie compte tenu de la contraction de l'offre et de la demande.

Les ressources du gouvernement issues de l'imposition directe sur le revenu des ménages évoluent ainsi (voir tableau 97).

**Tableau 97 : Impacts sur les recettes de l'Etat issues de l'imposition directe sur le revenu des ménages d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve	TDE
TDM	-0,32	-0,32	-0,22	-0,27	-	-	-0,32	-	-0,41

Cette baisse des recettes directes s'explique par la baisse des revenus des ménages et des entreprises.

Cependant, le revenu du gouvernement ne diminue que de -0,18% puisque ses ressources issues des rémunérations de l'eau primaire augmentent. Son épargne se dégrade de -0,78%.

L'épargne des ménages de Dakar, des autres centres urbains, de la Casamance se dégrade compte tenu de la baisse de leur revenu sauf pour les ménages du Fleuve (voir tableau 98).

**Tableau 98 : Impacts sur l'épargne des ménages d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
SM	-0,38	-0,42	-	-	-0,18	-	-	+0,16

Globalement, compte tenu de la baisse des épargnes des ménages, des entreprises et de l'Etat, l'investissement total se dégrade de -0,40% avec une baisse des demandes d'investissement en biens.

La contraction de la production d'eau potable génère une diminution du coût de traitement de la ressource. Les coûts totaux diminuent de -0,68% et les coûts moyens et marginaux diminuent de -0,47%. Ceci s'explique par la baisse de la demande qui s'adresse à ce secteur et qui par conséquent réduit son offre.

Enfin, le taux de chômage dans l'économie sénégalaise progresse de +0,49% compte tenu de la récession économique et ceci malgré une baisse du taux de salaire de -0,36%.

## **Conclusion (impacts d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture)**

Une sécheresse qui aurait pour conséquence de diminuer de moitié la quantité d'eau primaire disponible pour la production agricole, dans l'hypothèse que la quantité d'eau primaire pour la production d'eau potable demeure inchangée, serait très néfaste pour l'économie sénégalaise. En effet, les effets de rétroaction de la ressource sur d'une part la production du riz irriguée et des autres produits agricoles sont forts, mais ils sont aussi très importants sur l'ensemble des autres secteurs. La baisse de la production agricole génère une baisse des demandes intermédiaires, ce qui contracte la production de tous les autres secteurs sauf ceux de l'industrie dont la demande d'exportation pour leurs produits les aide à maintenir leur niveau de production. L'évolution des prix à la consommation (dont celui du riz irrigué qui pèse dans le budget des ménages) combinée à celle des revenus provoque une chute de la consommation finale des ménages, ce qui renforce la tendance à la baisse générale de la demande. Au final, l'épargne gouvernementale, l'investissement et le bien être total se dégradent (respectivement -0,78%, -0,40% et -0,68%). Le chômage augmente (+0,50%). Au total la sécheresse affectant l'agriculture génère une dégradation de -0,68% du bien être au Sénégal.

## **2.2 Deuxième simulation : Une sécheresse globale affectant l'agriculture et la production d'eau potable**

On suppose maintenant qu'une forte sécheresse affecte aussi bien l'agriculture (le secteur du riz irrigué) que la production d'eau potable. Plus précisément, on considère une baisse de la moitié de la disponibilité de l'eau primaire dans ces deux secteurs (diminution de 50% de la disponibilité d'eau primaire dans les secteurs du riz irrigué et de la production d'eau potable). On considère alors, contrairement à la première simulation où la sécheresse n'affectait que l'agriculture, qu'il s'agit ici d'une sécheresse globale. Les résultats de la simulation montrent comment une sécheresse globale, affectant l'ensemble des secteurs utilisateurs de la ressource primaire, affecte aussi le reste de l'économie.

Regardons tout d'abord ce qu'il se passe au niveau de la production de ces deux secteurs (voir les deux tableaux suivants 99 et 100).

**Tableau 99 : Impacts sur le secteur du riz irrigué d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

(%)	VA	LD	KD	TD	CI	XS
RI	-19,46	+2,86	+2,68	+2,52	-19,46	-19,46

**Tableau 100 : Impacts sur le secteur de production d'eau potable d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

(%)	VA	LD	KD	XS
PE	-3,63	+32,87	+32,94	-3,63

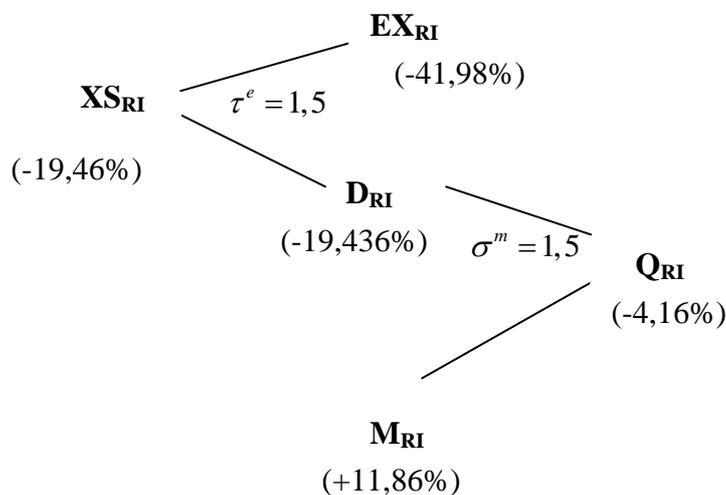
On observe tout d'abord que la production du riz irrigué diminue beaucoup plus que celle de l'eau potable (-19,46% contre -3,63%).

Les deux secteurs compensent la baisse de la disponibilité de la ressource en substituant les autres facteurs à l'eau primaire. Dans le secteur du riz irrigué, les demandes de travail, capital agricole et terre augmentent respectivement de +2,68%, +2,68% et +2,52% tandis que dans le secteur de production d'eau potable, les demandes de travail et de capital augmentent beaucoup plus (+32,87% et +32,94%). On observe donc un plus grand afflux de la main d'œuvre et du capital vers la production d'eau potable que vers le riz irrigué. Ceci explique que la production d'eau potable diminue beaucoup moins que celle du riz irrigué mais il y a probablement d'autres raisons à cela. Tout d'abord, on peut chercher des raisons du côté de structure de demande à laquelle répond chacun de ces deux secteurs. Nous rappelons que la MCS nous informe sur cette structure de demande pour chaque bien (voir tableau 86 : Structure de la demande par produit, 1996, Sénégal (%)).

On sait que le riz irrigué se destine à la consommation finale des ménages à hauteur de 97% tandis que la production d'eau potable se destine à 100% aux demandes intermédiaires. Cette différence de structure de demande à laquelle s'adresse chacun de ces deux secteurs peut justifier en partie leur évolution contrastée en terme de niveau de baisse de leur production. Mais une deuxième raison est essentielle. En effet le secteur de la production d'eau potable doit répondre « seul » à la demande intérieure contrairement au secteur du riz irrigué qui peut faire appel au marché extérieur (voir schéma 4 suivant). Autrement dit, la baisse de la production locale de riz irrigué peut être compensée par une hausse des importations (chose que l'on observe très

nettement) ce qui n'est pas le cas de la production d'eau potable. En effet, pour le riz irrigué, on constate que malgré la baisse de -19,46% de la production locale, l'offre totale ne diminue que de -4,16% grâce à la hausse de +11,86% des importations. L'élasticité de substitution de la fonction d'Armington ( $\sigma^m = 1,5$ ) montre que le riz irrigué importé est fortement substituable au riz local (bien qu'ils soient des substituts imparfaits). *A contrario*, les exportations de riz irrigué chutent de -41,98% compte tenu de la chute de la production de ce secteur et la priorité accordée à l'approvisionnement du marché local ( $\sigma^m = 1,5$ ).

**Schéma 4 : Impacts sur la structure du marché du secteur du riz irrigué d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**



Dans la production d'eau potable l'offre totale diminue dans les mêmes proportions que la production (-3,63%) puisque ce secteur n'est pas ouvert à l'extérieur.

On peut déjà constater que la baisse de 50% des disponibilités en eau primaire dans les deux secteurs affecte considérablement leur rémunération factorielle respective (voir tableau 101). Le rendement de l'eau primaire (ou prix implicite de la ressource) dans le secteur du riz irrigué augmente de +104,02% et celui dans le secteur de la production de l'eau potable s'accroît de +163,54%. De plus, le fort afflux de main d'œuvre dans le secteur de la production d'eau potable combiné à celui du riz irrigué génère un déséquilibre sur le marché du travail qui justifie en partie la baisse du taux de salaire de -0,83%. De même l'afflux de capital agricole dans le riz irrigué peut expliquer la baisse du rendement du capital agricole de -0,65%. Et l'afflux de capital dans la production d'eau potable est en partie responsable de la baisse de la rémunération du capital non

agricole de -0,87%. Enfin, l'accaparament de terres supplémentaires par le riz irrigué peut expliquer la baisse du rendement de la terre de -0,50%.

**Tableau 101 : Impacts sur les rémunérations factorielles d'une sécheresse globale (%) (SENEAU statique)**

Rt	Re1	Re2	R2	R1	w
-0,50	+163,54	+104,02	-0,87	-0,65	-0,83

L'évolution des demandes de facteurs dans les autres secteurs de l'économie est une source d'explication majeure du constat de ces évolutions en termes de rémunérations factorielles (voir tableau 102).

**Tableau 102 : Impacts multisectoriels d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

%	XS	VA	KD	LD	TD	ED	CI
RI	-19,46	-19,46	+2,68	+2,86	+2,52	-50,00	-19,46
RP	-0,95	-0,95	-1,03	-0,86	-1,19	-	-0,95
MA	-1,36	-1,36	-1,46	-1,29	-1,61	-	-1,36
PEC	-0,34	-0,34	-0,31	-0,36	-	-	-0,34
AA	-0,42	-0,42	-0,52	-0,35	-0,68	-	-0,42
IIE	-0,59	-0,59	-0,58	-0,63	-	-	-0,59
INIE	-0,18	-0,18	-0,17	-0,22	-	-	-0,18
EG	-0,86	-0,86	-0,85	-0,903	-	-	-0,86
PE	-3,63	-3,63	+32,94	+32,87	-	-50,000	-3,63
BP	-2,24	-2,24	-2,23	-2,284	-	-	-2,24
BF	-11,62	-11,62	-11,60	-11,65	-	-	-11,62
DIE	-1,23	-1,23	-1,19	-1,23	-	-	-1,23
SMIE	-0,24	-0,24	-0,21	-0,26	-	-	-0,24
SMNIE	-0,34	-0,34	-0,33	-0,38	-	-	-0,34
SNM	+0,43	+0,43	-	+0,43	-	-	+0,43

Tous les secteurs de l'économie (sauf celui des services non marchands) sont affectés par le choc de sécheresse par effets de rétroaction. En effet, la production chute pour tous les biens et services marchands. Les quatre secteurs les plus touchés sont la distribution d'eau au branchement privé, à la borne-fontaine, le secteur informel d'eau et le maraîchage. En effet, leur production diminue respectivement de -2,24%, -11,62%, -1,23% et -1,36%. La MCS nous indique très nettement qu'il s'agit des secteurs utilisateurs de l'intrant eau potable. Ce sont donc les secteurs les plus intensifs en eau qui sont donc les plus touchés.

La baisse de production des différents secteurs va de pair avec une baisse des demandes de facteurs utilisés dans le processus productif. Le choc sur le facteur eau primaire dans les secteurs du riz irrigué et de la production d'eau potable a généré des effets de substitution entre les facteurs via la mobilité des facteurs. Les facteurs sont donc réalloués des autres secteurs vers le riz irrigué et la production d'eau potable.

Tout d'abord, la hausse des demandes de travail, capital agricole et terre dans le riz irrigué s'est faite au détriment d'une baisse de ces mêmes facteurs dans les autres secteurs agricoles. Les demandes de facteurs de travail, capital agricole et terre diminuent respectivement de -0,86%, -1,03%, et -1,19% pour le riz pluvial ; -1,29%, -1,46% et -1,61% pour le maraîchage, et -0,35%, -0,52% et -0,68% pour l'autres agriculture. La pêche est un peu moins affectée puisqu'elle ne dépend pas des terres. Si les demandes de terres diminuent dans les autres secteurs agricoles parce qu'accaparées par le riz irrigué (qui substituent les autres facteurs à l'eau primaire), on aurait pu s'attendre à des effets de substitution du travail et capital à la terre dans les autres secteurs agricoles. Mais il n'en est pas ainsi. Cela signifie que ces secteurs sont en contraction.

Enfin la production des industries et services marchands intensifs ou non en eau diminue aussi avec une baisse de leur demande de facteurs travail et capital non agricole.

Comment expliquer cette chute de la production de l'ensemble des secteurs ?

Tout d'abord, on comprend que la production du riz irrigué et de l'eau potable chute du fait de la perte de disponibilité du facteur eau primaire causée par la sécheresse. Or, on a vu que les autres secteurs agricoles sont directement affectés par le déplacement des facteurs travail, capital agricole et terre vers le riz irrigué qui doit les substituer à l'eau. Donc la production de ces autres secteurs agricoles est affectée. De plus, le secteur de production d'eau potable approvisionne en intrants les secteurs de distribution d'eau potable (branchement privé, borne-fontaine et informel) ainsi que le maraîchage. Du coup, ils sont touchés par la contraction du secteur de production d'eau potable. Enfin, la baisse de la production de tous les secteurs précédemment cités entraîne une diminution dans les mêmes proportions des consommations intermédiaires totales de ces branches (puisque les fonctions de production sont de type Leontief). Interviennent alors toutes les relations interbranches décrites par les coefficients techniques de production : on comprend ainsi que tous les autres secteurs soient négativement affectés. Le tableau 86 qui décrit la structure de la demande pour chaque bien nous renseigne sur la part représentée par les demandes intermédiaires en biens. Notamment le secteur de l'autre agriculture, de la production et

distribution au branchement privé d'eau potable fournissent des biens intermédiaires à hauteur de 54,74%, 100% et 63,67%. Ils affectent tous les secteurs utilisateurs de leur intrant.

Le tableau 103 renseigne sur les évolutions des demandes intermédiaires totales des différents produits.

**Tableau 103 : Impacts sur les demandes intermédiaires totales des différents produits d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

%	RI	RP	MA	PEC	AA	IIE	INI E	EG	PE	BP	BF	DIE	SMIE	SMNIE
DIT	-4,59	-0,95	-0,42	-0,20	-0,28	-0,36	-0,33	-0,41	-3,63	-0,46	-1,36	-1,33	-0,36	-0,51

La baisse des demandes intermédiaires ne suffit pas à expliquer la contraction des secteurs car il faut prendre en compte les autres composantes de la demande totale. Pour cela, rappelons nous de la structure du marché dans SENEAU statique qui décrit la formation des prix (Schéma 5 : La formation des prix à travers la structure du marché dans SENEAU statique). On observe les évolutions de prix et de structures de marché des différents produits suivantes (voir les deux tableaux suivants 104 et 105).

**Tableau 104 : Impacts sur les différents prix des produits d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

%	PV	P	PD	PL	PC	PM	PE
RI	+26,66	+24,43	+24,46	+24,46	+10,86	-	-
RP	-0,73	-0,46	-0,46	-0,46	-0,46	-	-
MA	-0,75	+0,38	+0,39	+0,39	+0,36	-	-
PEC	-0,85	-0,71	-0,89	-0,89	-0,82	-	-
AA	-0,75	-0,70	-0,72	-0,72	-0,64	-	-
IIE	-0,87	-0,07	-0,11	-0,11	-0,05	-	-
INIE	-0,86	-0,33	-0,44	-0,44	-0,26	-	-
EG	-0,87	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-	-
PE	+36,74	+36,74	+36,74	+36,74	+36,74	-	-
BP	-0,87	+14,92	+14,92	+14,92	+14,92	-	-
BF	-0,86	+15,46	+15,46	+15,46	+15,46	-	-
DIE	-0,83	-0,66	-0,66	-0,66	-0,66	-	-
SMIE	-0,85	-0,49	-0,54	-0,54	-0,52	-	-
SMNIE	-0,86	-0,56	-0,65	-0,65	-0,61	-	-
SNM	-0,83	-0,43	-	-	-	-	-

**Tableau 105 : Impacts sur les structures de marché des différents produits d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

%	XS	D	EX	$\tau^e$	M	$\sigma^m$	Q
RI	-19,46	-19,43	-41,98	1,5	+11,86	1,5	-4,16
RP	-0,95	-0,95	-	-	-	-	-0,95
MA	-1,36	-1,36	-1,94	1,5	-0,78	1,5	-1,32
PEC	-0,34	-0,61	+0,73	1,5	-1,95	1,5	-0,73
AA	-0,42	-0,46	+0,62	1,5	-1,53	1,5	-0,58
IIE	-0,59	-0,65	-0,47	1,5	-0,83	1,5	-0,74
INIE	-0,18	-0,34	+0,31	1,5	-1,00	1,5	-0,61
EG	-0,86	-0,86	-	-	-	-	-0,86
PE	-3,63	-3,63	-	-	-	-	-3,63
BP	-2,24	-2,24	-	-	-	-	-2,24
BF	-11,62	-11,62	-	-	-	-	-11,62
DIE	-1,23	-1,23	-	-	-	-	-1,23
SMIE	-0,24	-0,30	+0,50	1,5	-1,11	1,5	-0,34
SMNIE	-0,34	-0,46	+0,51	1,5	-1,43	1,5	-0,51
SNM	+0,43	-	-	-	-	-	-

La baisse de la production du riz irriguée (-19,46%) est contrecarrée par une hausse des importations (+11,86%). Ainsi, l'offre totale ne diminue que de -4,16%. Les importations viennent aussi limiter la hausse du prix à la consommation du riz irrigué qui n'augmente que de +10,86%.

*A contrario*, il n'existe pas de relations extérieures avec la production d'eau potable dont l'offre n'est que locale. C'est pourquoi, la chute de la production d'eau potable (-3,63%) génère une plus forte hausse du prix à la consommation de l'eau potable produite (+36,74%). Mais ce n'est pas la raison principale. En effet, la rareté de la ressource génère un fort accroissement de son coût d'exploitation et de traitement. En effet son coût moyen de production augmente de +36,74%. Comme le prix de production de l'eau potable est tarifé à son coût moyen, on comprend alors que le prix à la consommation augmente autant : il rend compte des tensions sur la ressource devenue rare. Le coût marginal qui mesure le coût unitaire de transformation de la ressource primaire en eau potable augmente de +36,74%.

L'eau potable produite est ensuite intensivement consommée comme intrant par la distribution d'eau potable (branchement privé et borne-fontaine) ainsi que par le maraîchage. C'est pourquoi leur prix à la consommation augmente respectivement de +14,92%, +15,46% et +0,36%.

Les prix à la consommation des autres biens et services marchands diminuent. Plusieurs raisons expliquent cela dont principalement, les évolutions de l'offre et de la demande.

On a vu que pour le riz irrigué, la chute de la production locale était compensée par une hausse des importations. Concernant les autres produits agricoles dont la production, par effet de rétroaction, chute aussi, il n'en est pas de même. En effet, on observe dans le tableau que les importations de produits du maraîchage, de la pêche et de l'autre agriculture diminuent respectivement de -0,78%, -1,95% et -1,53%. On observe parallèlement une hausse des exportations des produits de la pêche et de l'autre agriculture de +0,73% et +0,62%. Ceci signifie clairement que la demande intérieure pour ces biens a diminué. La hausse des exportations s'explique par deux phénomènes. Tout d'abord compte tenu de la baisse de la demande intérieure, les producteurs locaux substituent le marché extérieur au marché local (élasticité relativement forte). Ceci est rendu d'autant plus aisé que les prix de marché de ces mêmes biens a diminué (respectivement de -0,82% et -0,64% pour les produits de la pêche et de l'autre agriculture) ce qui rend les produits locaux compétitifs sur le marché international. *A contrario*, le prix de marché du maraîchage ayant augmenté (+0,36%) du fait de l'accroissement du coût de l'input eau, la demande d'exportation pour ce bien diminue de -1,94%.

La chute de la production des industries et services marchands intensifs ou non en eau n'est pas contrecarrée par l'offre extérieure : les importations diminuent de -0,83%, -1,00%, -1,11% et -1,43% pour l'industrie intensive en eau, l'industrie non intensive en eau, les services marchands intensifs en eau et les services marchands non intensifs en eau. Compte tenu de la baisse de leur prix de marché (-0,26%, -0,52% et -0,61%), les exportations d'industrie non intensive en eau, des services marchands intensifs ou non en eau augmentent respectivement de +0,31%, +0,50% et +0,51%. Par contre le prix à la consommation des biens de l'industrie intensive en eau ne diminue pas suffisamment (-0,05%) pour générer une demande d'exportation : leurs exportations chutent de -0,47%. Ce secteur est pénalisé par le coût de l'intrant eau.

Le double constat de la chute des importations (sauf riz irrigué) et de plusieurs prix à la consommation nous amène à penser que la demande intérieure totale se contracte. On a vu en effet que les demandes intermédiaires diminuaient mais il faut aussi observer l'évolution de la demande finale des ménages. La baisse des importations cumulées à la baisse des productions nous amène à croire que la consommation finale des ménages est aussi affectée.

Regardons alors quelle est l'évolution du revenu des ménages (voir tableau 106).

**Tableau 106 : Impacts sur le revenu des ménages d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

(%)	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
YM	-0,67	-0,68	-0,53	-0,62	-0,24	-0,47	-0,73	+1,65
YDM	-0,82	-0,91	-0,55	-0,63	-0,24	-0,47	-1,27	+1,67

L'évolution des revenus des ménages s'explique tout d'abord par l'évolution des rémunérations factorielles que nous avons observée plus haut et que nous confirmons compte tenu des mobilités de facteurs générées par la sécheresse qui affecte le riz irrigué et la production d'eau potable et des effets de rétroaction sur les autres secteurs. Elle s'explique aussi par les parts initiales de dotation en facteurs des différentes catégories de ménages (car les transferts sont exogènes et les impôts sur le revenu proportionnels au revenu brut).

Les dotations initiales en facteurs des ménages nous permet de comprendre que seul le revenu des ménages su Fleuve augmente (+1,65%) puisqu'il est initialement fortement doté en facteur eau primaire (22,29% de son revenu brut en est issu). Bien que la demande d'eau primaire (disponibilité de la ressource) ait brutalement chuté de moitié (à cause de la sécheresse), la rémunération de l'eau primaire dans le secteur du riz irrigué (ou prix implicite de la ressource) ayant fortement augmenté (+104,02%), leur revenu issu de l'eau primaire augmente. Cette hausse de leur revenu issu de l'eau primaire compense la baisse de leur revenu issu du travail, du capital agricole et de la terre. En effet la rémunération de ces trois facteurs a diminué respectivement de -0,83%, -0,65% et -0,50%.

Par contre, le revenu des autres catégories de ménages diminue compte tenu de la baisse de la rémunération des différents facteurs dont ils sont dotés (travail, capital agricole, capital non agricole et terre). Mais leur revenu chute dans des proportions différentes, compte tenu de leurs dotations initiales. C'est le revenu des ménages de la Casamance qui baisse le moins (-0,24%). En effet, c'est le deuxième ménage qui bénéficie de la hausse de la rémunération de l'eau primaire du riz irrigué. Ce sont les revenus des ménages urbains qui sont le plus affectés (-0,67% et -0,68% pour Dakar et les autres centres urbains). En effet ils sont dotés par les facteurs dont la rémunération diminue le plus (travail et capital non agricole). Les ménages ruraux les plus affectés sont ceux du Sénégal Oriental et de Niayes puisque leurs revenus diminuent respectivement de -0,73% et -0,62% : étant les plus fortement dotés en travail (relativement aux autres ménages) ils accusent la chute importante du taux de salaire.

Compte tenu des taux d'imposition directe initiaux, le revenu disponible évolue dans des proportions similaires.

Maintenant que nous connaissons l'évolution du revenu disponible des ménages, nous pouvons, au regard de l'évolution des prix à la consommation, expliquer l'évolution de la consommation finale des biens et services des ménages (voir tableau 107).

**Tableau 107 : Impacts sur la consommation multi-produits des ménages d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

C (%)	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
RI	-4,84	-4,79	-3,49	-3,51	-3,42	-3,35	-3,76	-1,76
RP	-	-	-1,32	-	-1,17	-	-1,70	-
MA	-1,56	-1,50	-1,50	-1,60	-1,35	-1,41	-1,87	+0,40
PEC	-1,14	-1,09	-1,25	-1,35	-1,09	-1,16	-1,63	+0,67
AA	-1,21	-1,15	-1,28	-1,39	-1,13	-1,20	-1,67	+0,63
IIE	-1,65	-1,59	-2,22	-2,38	-1,98	-2,08	-2,81	+0,78
INIE	-1,57	-1,50	-2,15	-2,31	-1,91	-2,01	-2,74	+0,85
EG	-1,56	-1,50	-2,09	-2,24	-1,86	-1,96	-2,65	+0,77
PE	-	-	-	-	-	-	-	-
BP	-5,96	-5,90	-4,16	-4,16	-4,12	-4,00	-4,40	-2,50
BF	-6,10	-6,05	-4,24	-4,24	-4,20	-4,09	-4,48	-2,59
DIE	-1,20	-1,15	-1,28	-1,39	-1,13	-1,20	-1,66	+0,63
SMIE	-1,42	-1,36	-1,97	-2,13	-1,74	-1,84	-2,54	+0,90
SMNIE	-1,38	-1,32	-1,94	-2,10	-1,71	-1,81	-2,51	+0,93
SNM	-	-	-	-	-	-	-	-

Plusieurs facteurs permettent d'expliquer l'évolution des consommations des ménages :

- 1) L'évolution de leur revenu disponible
- 2) L'évolution du prix à la consommation des biens et services
- 3) La part initiale de chaque bien dans la consommation totale
- 4) La part initiale des consommations incompressibles dans la consommation totale (fonction LES)
- 5) L'élasticité revenu des biens pour chaque ménage
- 6) Les effets de substitution entre les biens potentiels qui en découlent

Tout d'abord regardons quelles sont les consommations de biens et services les plus affectées.

On observe que les consommations de riz irrigué, d'industrie intensive en eau, d'eau au branchement privé, d'eau à la borne-fontaine et de services marchands intensifs en eau sont celles

qui reculent le plus. Celle de l'eau à la borne-fontaine (entre -2,59% et -6,10%) recule plus que celle de l'eau au branchement privé (entre -2,50% et -5,96%) qui recule plus que le riz irrigué (entre -1,76% et -4,84%) qui recule plus que celle de l'industrie intensive en eau (entre -1,65% et -2,81%). Ces évolutions s'expliquent par l'évolution de leurs prix à la consommation respectifs. Les prix de marché de l'eau à la borne-fontaine et au branchement privé ainsi que celui du riz irrigué augmentent. Celui de l'industrie intensive en eau diminue mais très faiblement (c'est le prix qui diminue le moins). On peut noter aussi que la hausse du prix à la consommation des biens du maraîchage explique la chute de la consommation pour ces biens.

Concernant la consommation d'eau potable, on observe une substitution du branchement privé à la borne-fontaine mais surtout de l'informel à ces deux précédents modes d'approvisionnement. Ceci s'explique par l'évolution de leur prix respectif. En effet, le prix à la consommation de l'eau au branchement privé augmente moins (+14,92%) que celui de l'eau à la borne-fontaine (+15,46%) tandis que celui de l'informel recule de -0,66%.

On observe une plus forte chute de la consommation des biens industriels et des services chez les ménages ruraux que chez les urbains. Ils maintiennent leur panier de biens incompressibles, nécessaire à la satisfaction de leurs besoins de base (produits agricoles et eau), devenu plus coûteux, en diminuant leur consommation de biens industriels et des services. Autrement dit, la consommation des produits agricoles (riz irrigué et maraîchage) et de l'eau potable est devenue plus coûteuse. Étant essentielle au maintien de leurs conditions de vie, les ménages ruraux réduisent leur consommation de produits industriels et des services pour maintenir un certain niveau de consommation des biens agricoles et de l'eau potable.

Si on raisonne en termes des ménages, on observe qu'en dehors du riz irrigué, du maraîchage et de l'eau potable, les ménages urbains (Dakar et des autres centres urbains) réduisent toujours moins leur consommation que les ménages ruraux.

Les ménages les moins affectés sont ceux du Fleuve puisqu'ils ne réduisent que leurs consommations de riz irrigué (-1,76%) et de l'eau potable (-2,50% pour le branchement privé et -2,59% pour la borne-fontaine), et ceci, dans des proportions bien moindres que les autres ménages. Leur consommation des autres biens et services augmente en fonction de l'évolution des prix à la consommation. Ils augmentent davantage leur consommation de services marchands non intensifs en eau (+0,93%) dont le prix à la consommation a diminué fortement (-0,61%).

Enfin en dehors du riz irrigué et de l'eau potable, les ménages dont la consommation est la plus affectée sont ceux de Niayes et du Sénégal oriental. Ce sont les ménages ruraux dont le revenu disponible a le plus chuté. Ils diminuent très fortement leur consommation de biens industriels et des services pour tenter de minimiser leur baisse de consommation de produits agricoles (riz irrigué, maraîchage) et d'eau potable dont le coût est devenu élevé.

L'évolution combinée des revenus disponibles et des consommations des ménages débouchent sur une dégradation du bien être de tous les ménages sauf ceux du Fleuve (voir tableau 108).

**Tableau 108 : Impacts sur le bien être des ménages d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
EV	-0,80	-0,82	-1,97	-2,24	-1,84	-2,03	-1,49	+0,26

Seul le bien être des ménages du Fleuve s'est améliorée (+0,26%) compte tenu de la hausse de leur revenu disponible et donc de la consommation totale.

Les ménages urbains sont ceux dont la dégradation de bien être est la plus faible (respectivement -0,80% et -0,82% pour Dakar et les autres centres urbains). En effet ce sont les ménages qui ont le moins diminué leur consommation de biens (en dehors du riz irrigué, du maraîchage et de l'eau potable) malgré la forte baisse de leur revenu disponible.

Les ménages les plus affectés sont de Niayes et de la zone sylvo-pastorale : leur bien être respectif se dégrade de -2,24% et -2,03%.

Le bien être total se dégrade de -0,95%.

Du côté des entreprises, on observe les évolutions suivantes. Compte tenu de la baisse de la rémunération du capital non agricole (-0,87%), le revenu des entreprises se dégrade de -0,85%. Ainsi leur épargne se dégrade de -2,77%.

Les ressources du gouvernement dépendent de l'évolution des recettes douanières et des taxes indirectes qui sont les suivantes (voir tableau 109).

**Tableau 109 : Impacts sur les recettes indirectes de l'État d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

%	TIM	TI
RI	+11,86	+6,24
RP	-	-
MA	-0,78	-0,96
PEC	-	-
AA	-1,53	-1,22
IIE	-0,83	-0,80
INIE	-1,00	-0,87
EG	-	-1,01
PE	-	+31,77
BP	-	+12,34
BF	-	+2,04
DIE	-	-
SMIE	-	-0,85
SMNIE	-	-1,13

On observe tout d'abord une hausse importante des recettes douanières et indirectes sur l'importation du riz irrigué (+11,86% et +6,24%). De plus, la hausse des taxes indirectes sur la production et la distribution au branchement privé et à la borne-fontaine d'eau potable augmentent de façon importante (respectivement +31,77%, +12,34% et +2,04%). Cependant, les recettes indirectes sur les autres biens et services diminuent.

De même, les recettes directes issues de l'imposition sur le revenu des ménages (voir tableau 110) et des entreprises diminuent (-0,85%).

**Tableau 110 : Impacts sur les recettes de l'État issues de l'imposition directe sur le revenu des ménages d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve	TDE
TDM	-0,678	-0,689	-0,532	-0,629	-	-	-0,739	-	-0,852

Mais ces diminutions de recettes sont largement compensées par d'une part, les taxes à l'importation sur le riz irrigué et les taxes à la consommation d'eau potable et par d'autre part, les recettes issues des rémunérations de l'eau primaire. C'est pourquoi, le revenu du gouvernement s'accroît de +0,41% et son épargne de +1,75%.

L'épargne des ménages diminue sauf pour ceux du Fleuve (voir tableau 111).

**Tableau 111 : Impacts sur l'épargne des ménages d'une sécheresse globale (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
SM	-0,822	-0,913	-	-	-0,240	-	-	+1,675

Globalement, on observe une baisse de l'épargne totale qui génère une chute de l'investissement total de -0,56%.

Cette chute de l'investissement va de pair avec la récession économique du Sénégal provoquée par la contraction des secteurs suite à la sécheresse. Cette contraction des secteurs génère un accroissement du taux de chômage de +1,13%.

### **Conclusion (impacts d'une sécheresse globale)**

La sécheresse globale qui affecte à la fois le secteur du riz irrigué et de la production d'eau potable affecte directement les autres secteurs agricoles (surtout le maraîchage) et les secteurs formels de distribution d'eau potable (branchement privé et borne-fontaine). Ils touchent aussi tous les autres secteurs *via* les consommations intermédiaires. Les secteurs utilisateurs de l'eau potable dont le coût a fortement augmenté sont plus fortement touchés.

La contraction des secteurs s'accompagne aussi d'une diminution de la demande intérieure. La consommation finale des ménages chute pour tous les biens sauf ceux du Fleuve dont le revenu a augmenté compte tenu de la hausse de la rémunération de l'eau primaire dont ils bénéficient. Cette chute de la consommation est liée à la baisse des revenus des ménages mais aussi à la forte hausse du prix du riz irrigué et de l'eau potable. Seul le prix de l'eau potable informelle diminue.

La rareté de la ressource génère un fort accroissement de son coût d'exploitation et de traitement. En effet son coût total augmente de +31,8% et son coût moyen de production augmente de +36,74%. Comme le prix de production de l'eau potable est tarifé à son coût moyen, on comprend alors que le prix à la consommation augmente autant : il rend compte des tensions sur la ressource devenue rare. Le coût marginal qui mesure le coût unitaire de transformation de la ressource primaire en eau potable augmente de +36,74%.

Au total, l'investissement total se dégrade de -0,56% et le taux de chômage augmente de +1,13%. Le bien être total se dégrade de -0,95%.

### **2.3 Troisième simulation : Le passage à une tarification de l'eau potable au coût marginal**

Rappelons que le producteur d'eau potable 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. Or, 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. C'est pourquoi dans notre modèle, à l'année de base, le prix de production de l'eau potable est égal à son coût moyen de production c'est-à-dire à 1. Tandis que le coût marginal est inférieur au coût moyen puisqu'il est égal à 0,769.

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 dans un cadre EGC avec fiscalité pré-existante, ce *scenario* tarifaire. Pour cela on pose qu'à l'année de base, le prix de production de l'eau potable n'est plus égal à son coût moyen (1) mais égal à son coût marginal (0,769). Cependant la mise en place de cette tarification de l'eau au coût marginal pose problème au producteur d'eau potable puisqu'il est en situation de monopole naturel avec des rendements d'échelle croissants. Ainsi, son coût marginal inférieur au coût moyen fait que la mise en place d'une tarification au coût marginal lui occasionne une perte. Cette perte (égale à la différence entre le coût moyen et le coût marginal sur le volume total des ventes) risque alors de faire disparaître à terme le producteur. On suppose alors que l'État, en obligeant le producteur à tarifier l'eau au coût marginal, lui verse une subvention pour compenser cette perte. Ainsi à travers cette simulation, nous voulons observer si dans un cadre EGC avec fiscalité pré-existante, le bien être total de l'économie sénégalaise s'accroît par rapport à celle qui maintiendrait une politique tarifaire de l'eau potable au coût moyen.

Les impacts directs sur le prix de production de l'eau potable sont les suivants (voir tableau 112).

**Tableau 112 : Impacts sur les coûts et prix de production de l'eau potable du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

Secteur PE	Année de base	Après choc	Variation (%)
CM	1.000	1.006	+0,61
Cm	0,769	0,774	+0,61
P	1	0,774	-22,61

Le choc que nous effectuons est un choc de prix sur l'eau potable. Le fait de tarifier l'eau potable produite à son coût marginal (inférieur à son coût moyen) génère une chute du prix de production de l'eau potable de -22.61%.

Le tableau 113 des intensités en eau potable des différents secteurs (que nous avons déjà présenté dans le chapitre sur la MCS du Sénégal mais que nous rappelons ci-dessous) nous renseigne immédiatement sur les secteurs qui vont être affectés directement par ce choc de prix sur l'eau produite. Tout d'abord, nous savons que cette eau potable produite est utilisée à 100% comme intrant par les autres secteurs. Et le tableau suivant renseigne sur les secteurs consommateurs de la production d'eau potable.

**Tableau 113 : 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

Le tableau ci-dessus montre clairement que les secteurs de distribution d'eau potable sont les principaux consommateurs de l'eau potable produite. L'eau potable représente respectivement 77%, 70,4% et 100% des intrants de la distribution au branchement privé, à la borne-fontaine et informelle. Plus précisément, le branchement privé et la borne-fontaine utilisent directement l'eau potable produite. Puis la distribution informelle utilise l'eau à la borne-fontaine. On voit alors comment le choc du prix de production de l'eau potable va affecter celui du branchement privé, de la borne-fontaine et de l'informel.

Ces trois secteurs de distribution d'eau potable ne sont pas les seuls consommateurs de l'intrant eau potable. En effet, cet intrant représente 58,8% des intrants totaux du maraîchage, la part du branchement privé étant relativement plus élevée que celle de la borne-fontaine et de l'informel. Le prix de production du maraîchage va donc être fortement affecté par l'évolution du prix de l'eau au branchement privé. L'intrant eau potable (au branchement privé) représente aussi 5,3% des intrants de la production des biens de l'industrie intensive en eau. Le choc sur le prix de production de l'eau va donc affecter le prix de l'eau au branchement privé, affectant ainsi le coût de l'intrant eau potable et donc, le prix de production de l'industrie intensive en eau. Enfin, le prix de production de l'énergie pourrait aussi être affecté par l'évolution du prix de l'eau potable puisque son intensité en eau est relativement élevée (4,6%).

En effet, on observe les évolutions de prix suivantes (voir tableau 114).

**Tableau 114 : Impacts sur les différents prix des produits du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

%	PV	P	PD	PL	PC	PM	PE
RI	+0,32	+0,29	+0,29	+0,29	+0,14	-	-
RP	+0,27	+0,11	+0,11	+0,11	+0,11	-	-
<b>MA</b>	+0,27	-0,42	-0,43	-0,43	<b>-0,39</b>	-	-
PEC	+0,25	+0,19	+0,23	+0,23	+0,21	-	-
AA	+0,26	+0,23	+0,24	+0,24	+0,21	-	-
<b>IIE</b>	+0,29	-0,16	-0,25	-0,25	<b>-0,12</b>	-	-
INIE	+0,27	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01	-	-
<b>EG</b>	+0,29	-0,10	-0,10	-0,10	<b>-0,10</b>	-	-
<b>PE</b>	-22,61	-22,61	-22,61	-22,61	<b>-22,61</b>	-	-
<b>BP</b>	+0,29	-9,31	-9,31	-9,31	<b>-9,31</b>	-	-
<b>BF</b>	+0,27	-9,64	-9,64	-9,64	<b>-9,64</b>	-	-
DIE	+0,22	+0,12	+0,12	+0,12	+0,12	-	-
SMIE	+0,26	+0,08	+0,09	+0,09	+0,09	-	-
SMNIE	+0,28	+0,14	+0,16	+0,16	+0,15	-	-
SNM	+0,21	+0,03	-	-	-	-	-

Suite à la baisse du prix de production de l'eau potable de -22,61%, les prix de production de l'eau au branchement privé et à la borne-fontaine diminuent respectivement de -9,31% et -9,64%. Celui du maraîchage et de l'industrie intensive en eau baisse respectivement de -0,428% et -0,16%. Enfin, celui de l'énergie diminue de -0,10%. Ces évolutions montrent que plus le secteur est intensif en eau, plus il va bénéficier de la baisse du prix de production de l'eau potable.

On observe pour les prix de marché de ces mêmes biens (branchement privé, borne-fontaine, maraîchage, industrie intensive en eau et énergie), la même évolution à la baisse.

Tous les autres prix (de production et de marché) des biens et services de l'économie augmentent. Pour comprendre ces évolutions, nous devons observer les évolutions de l'offre et de la demande.

L'évolution des prix à la baisse de l'eau au branchement privé, à la borne-fontaine, des produits du maraîchage, de l'industrie intensive en eau et de l'énergie doit probablement directement affecter la demande. Or, nous avons trois composantes de la demande totale pour chaque : les demandes intermédiaires, la consommation finale et la demande d'investissement.

Tout d'abord, la baisse du prix de l'eau potable génère une baisse du prix de l'eau au branchement privé, à la borne-fontaine, des produits du maraîchage, de l'industrie intensive en eau et de l'énergie donc du coût des ces différents intrants par les autres branches de l'économie. En effet, rappelons nous du tableau décrivant la structure de la demande et plus précisément le poids des demandes intermédiaires dans la demande des différents biens et services (voir tableau 86 : Structure de la demande par produit, 1996, Sénégal, (%)).

On sait d'après ce tableau, que les produits de l'industrie intensive en eau, de l'énergie et de l'eau au branchement privé sont fortement consommés comme intrant par les autres branches de l'économie (la part de la demande intermédiaire dans la demande totale de ces biens représente respectivement 67,70%, 60,59% et 63,67%). Ainsi, l'évolution à la baisse de leur prix va se répercuter par une évolution à la baisse du coût de cet intrant par les autres branches, ce qui peut générer des effets d'entraînement sur la production des autres branches.

Le tableau 115 indique l'évolution des demandes intermédiaires pour les différents biens et services.

**Tableau 115 : Impacts sur les demandes intermédiaires totales des différents produits, du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

%	RI	RP	MA	PEC	AA	IIE	INIE	EG	PE	BP	BF	DIE	SMIE	SMNIE
DIT	-0,16	-0,006	-0,03	-0,07	-0,04	+0,05	-0,03	+0,10	+2,45	+0,13	+0,42	+0,42	-0,05	+0,02

La production des secteurs de production d'eau potable, de distribution au branchement privé et à la borne-fontaine d'eau potable, du maraîchage, de l'industrie intensive en eau et de l'énergie s'accroissent respectivement de +2,45%, +1,40%, +8,46%, +0,43%, +0,48% et +0,22%. On imagine en effet que la baisse de leur prix de production et de marché génère un accroissement de la demande pour ces biens d'où une augmentation de leur production. Or, cette hausse de leur production génère mécaniquement une hausse de leurs consommations intermédiaires totales (car leur fonction de production est une fonction Leontief avec des parts de valeur ajoutée et de consommations intermédiaires constantes) dans les mêmes proportions. Et cette hausse des consommations intermédiaires a un effet d'entraînement sur la production des autres branches de l'économie chargées de produire leurs intrants.

Le tableau 116 présente les évolutions sectorielles en termes de production, de quantité de facteurs et de consommations intermédiaires de l'ensemble des branches.

**Tableau 116 : Impacts multisectoriels du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

%	XS	VA	KD	LD	TD	ED	CI
RI	+0,01	+0,01	-0,01	+0,11	-0,001	-	+0,01
RP	-0,01	-0,01	-0,08	+0,04	-0,06	-	-0,01
MA	+0,43	+0,43	+0,36	+0,48	+0,37	-	+0,43
PEC	+0,01	+0,01	-0,03	+0,04	-	-	+0,01
AA	-0,003	-0,003	-0,08	+0,04	-0,06	-	-0,003
IIE	+0,48	+0,48	+0,47	+0,55	-	-	+0,48
INIE	-0,06	-0,06	-0,09	-0,01	-	-	-0,06
EG	+0,22	+0,22	+0,21	+0,29	-	-	+0,22
PE	+2,45	+2,45	+2,76	+2,85	-	-	+2,45
BP	+1,40	+1,40	+1,39	+1,48	-	-	+1,40
BF	+8,46	+8,46	+8,43	+8,52	-	-	+8,46
DIE	+0,30	+0,30	+0,23	+0,31	-	-	+0,30
SMIE	-0,21	-0,21	-0,25	-0,16	-	-	-0,21
SMNIE	-0,20	-0,20	-0,22	-0,14	-	-	-0,20
SNM	-0,03	-0,03	-	-0,03	-	-	-0,03

Le tableau 116 montre que suite à l'expansion des secteurs de la production d'eau potable, du branchement privé, des bornes-fontaines, du maraîchage, de l'industrie intensive en eau et de l'énergie, d'autres secteurs progressent aussi : les productions de riz irrigué, de la pêche et de la distribution informelle d'eau augmentent respectivement de +0,01%, +0,43% et +0,30%. Mais on aurait pu s'attendre à un effet d'entraînement sur les autres branches, ce qui n'est pas le cas. En effet, on observe que les productions des biens du riz pluvial, de l'industrie non intensive en eau, des services marchands intensifs ou non en eau reculent respectivement de -0,01%, -0,06%, -0,21% et -0,20%.

Au total, il y a beaucoup plus de secteurs en expansion que de secteurs en contraction. Ceci se reflète dans les évolutions des demandes de facteurs. On observe un afflux important de main d'œuvre et de capital dans les secteurs de l'eau. Les demandes de travail augmentent respectivement de +2,85%, 1,48%, +8,52% et +0,31% dans les secteurs de la production, de la distribution au branchement privé, à la borne-fontaine et informelle. Les demandes de capital dans ces mêmes secteurs croissent respectivement de +2,76%, +1,39%, +8,43% et +0,23%. Ces hausses sont plus ou moins grandes selon les intensités en travail et capital de chacun de ces secteurs. Mais la hausse de la distribution d'eau *via* les bornes-fontaines étant plus forte, ses demandes de facteurs croissent plus fortement que celles des autres secteurs de l'eau. L'expansion de la distribution d'eau via les bornes-fontaines est en effet la plus forte.

L'expansion des autres secteurs accapare aussi une partie importante des facteurs. Pour faire face à l'expansion de leur production, les demandes de facteur travail progressent de +0,55% et +0,29% dans l'industrie intensive en eau et l'énergie. Leurs demandes de capital croissent de +0,47% et +0,21%.

Enfin dans les secteurs agricoles, on observe les tendances suivantes. Le maraîchage qui est en forte expansion relativement aux autres secteurs agricoles accapare une partie importante des terres. Sa demande de terre augmente de +0,37% au détriment des autres secteurs agricoles dont les demandes de terre respectives diminuent de -0,001%, -0,06% et -0,06% pour le riz irrigué, le riz pluvial et l'autre agriculture. Le même phénomène s'observe pour le facteur capital : la demande pour ce facteur croît de +0,36% pour le maraîchage tandis qu'elle diminue respectivement de -0,01%, -0,08% et -0,08% pour le riz irrigué, le riz pluvial et l'autre agriculture. On observe donc une mobilité des terres et du capital agricole du riz irrigué, riz pluvial et autre agriculture vers le maraîchage. Par contre, les demandes de travail progressent dans tous les secteurs agricoles. C'est l'expansion du maraîchage qui explique la hausse de sa demande de

travail de +0,48%. Par contre pour les autres secteurs agricoles, les demandes de travail augmentent respectivement de +0,11%, +0,04% et +0,04% pour le substituer au capital agricole et à la terre.

Dans les secteurs en contraction, les demandes de travail et capital diminuent. On observe une baisse de -0,01%, -0,16% et -0,14% pour les demandes de travail de l'industrie non intensive en eau, les services marchands intensifs ou non en eau et -0,09%, -0,25% et -0,22% pour les demandes de capital.

Au global, les afflux de facteurs dans les secteurs en expansion provoquent un déséquilibre sur chacun de leur marché à l'origine d'une hausse de leur rémunération. En effet, la rémunération de tous les facteurs progresse compte tenu des tensions sur leur marché respectif (voir tableau 117).

**Tableau 117 : Impacts sur les rémunérations factorielles du passage à une tarification (%) (SENEAU statique)**

Rt	Re1	Re2	R2	R1	w
+0,33	+3,07	+0,33	+0,30	+0,34	+0,21

Même si plusieurs secteurs sont en expansion suite au choc à la baisse du prix de l'eau, d'autres, comme nous l'avons vu plus haut, se contractent (les productions des biens du riz pluvial, d'autre agriculture, d'industrie non intensive en eau, des services marchands intensifs ou non en eau reculent respectivement de -0,01%, -0,003%, -0,06%, -0,21% et -0,20%). Pourquoi cette baisse de leur production ? Probablement que l'évolution de la demande joue un rôle important. Mais regardons avant comment évolue l'offre totale pour ces biens au regard de la structure du marché et de la formation des prix qui en découlent (voir tableau 118).

**Tableau 118 : Impacts sur les structures de marché des différents produits du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

%	XS	D	EX	$\tau^e$	M	$\sigma^m$	Q
RI	+0,01	+0,01	-0,43	1,5	+0,45	1,5	+0,23
RP	-0,01	-0,01	-	-	-	-	-0,01
MA	+0,43	+0,43	+1,08	1,5	-0,21	1,5	+0,38
PEC	+0,01	+0,08	-0,27	1,5	+0,43	1,5	+0,11
AA	-0,003	+0,01	-0,35	1,5	+0,37	1,5	+0,04
IIE	+0,48	+0,35	+0,73	1,5	-0,02	1,5	+0,15
INIE	-0,06	-0,06	-0,07	1,5	-0,04	1,5	-0,05
EG	+0,22	+0,22	-	-	-	-	+0,22
PE	+2,45	+2,45	-	-	-	-	+2,45
BP	+1,40	+1,40	-	-	-	-	+1,40
BF	+8,46	+8,46	-	-	-	-	+8,46
DIE	+0,30	+0,30	-	-	-	-	+0,30
SMIE	-0,21	-0,20	-0,34	1,5	-0,06	1,5	-0,20
SMNIE	-0,20	-0,17	-0,42	1,5	+0,06	1,5	-0,16
SNM	-0,03	-	-	-	-	-	-

Compte tenu de la hausse du coût des facteurs (on a vu précédemment que les rémunérations factorielles progressaient), les prix à la production du riz pluvial, de l'autre agriculture, de l'industrie non intensive en eau et des services marchands intensifs ou non en eau progressent respectivement de +0,11%, +0,23%, +0,01%, +0,08% et +0,14%. De même, leur prix de marché progresse de +0,11%, +0,21%, +0,01%, +0,09% et +0,15%. Cette hausse des prix justifie une baisse de la demande d'exportation pour ces biens et services (devenus moins compétitifs). En effet, les exportations des produits de l'autre agriculture, de l'industrie non intensive en eau, des services marchands intensifs ou non en eau diminuent de -0,35%, -0,07%, -0,34% et -0,42%.

Seule la baisse de la production de l'autre agriculture est contrecarrée par une hausse des importations (+0,37%). Il s'en suit une hausse de l'offre totale pour ces produits de +0,04%. Mais ceci signifie aussi qu'il existe une forte demande intérieure pour ces biens. On observe que les importations des produits de la pêche (bien que la production locale augmente de +0,01%) croissent de +0,43%, ce qui signifie aussi que la demande intérieure pour ces produits augmente.

Par contre, on observe une baisse des importations de l'industrie intensive en eau et des services marchands intensifs en eau de -0,04% et -0,06%. Cette baisse des importations cumulée à la baisse de leur production locale contribue à diminuer l'offre totale respectivement de -0,05% et -0,20%. Malgré une légère hausse des importations de services marchands non intensifs en eau (+0,06%), l'offre totale chute de -0,16%.

Au final, l'offre totale de tous les biens augmente sauf pour le riz pluvial, l'industrie non intensive en eau et les services marchands.

Si l'offre totale augmente, c'est pour répondre à la demande totale dont celle des ménages. L'évolution à la hausse de la demande des ménages s'explique dans un premier temps, comme nous l'avons vu plus haut, par la baisse des prix à la consommation de plusieurs biens, mais aussi par l'évolution de leur revenu disponible.

L'évolution du revenu disponible des ménages s'explique tout d'abord par celle des rémunérations factorielles. Compte tenu de la hausse des rémunérations factorielles, le revenu brut de tous les ménages progresse (voir tableau 119).

**Tableau 119 : Impacts sur le revenu des ménages du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
YM	+0,21	+0,21	+0,19	+0,19	+0,23	+0,16	+0,21	+0,38
YDM	+0,25	+0,28	+0,19	+0,19	+0,23	+0,16	+0,37	+0,38

Les parts initiales de dotations en facteurs des ménages expliquent pourquoi le revenu brut progresse plus pour certains ménages. En effet, les ménages du Fleuve et de la Casamance, étant dotés en quatre facteurs (travail, capital, terre et eau primaire), bénéficient de la hausse de leur rendement respectif. Leurs revenus augmentent plus fortement (respectivement +0,38% et +0,23%). Les ménages de la zone sylvo-pastorale et du bassin arachidier relativement moins dotés en facteurs (dont la part des revenus issus des facteurs est relativement faible) voient leurs revenus progresser plus faiblement (+0,16% et +0,19%). En effet, une partie importante de leurs revenus est issue des transferts (exogènes). Les ménages urbains (Dakar et autres centres urbains) voient leur revenu progresser au même rythme que celui des ménages ruraux de Niayes, de la Casamance et du Sénégal oriental. Non dotés de terre, mais fortement dotés en travail et capital, ils bénéficient de la hausse du rendement de ces deux facteurs.

Étant donné les taux d'imposition directe initiale sur le revenu des ménages, les revenus disponibles augmentent dans des proportions proches.

Cette hausse des revenus disponibles des ménages, combinée à la baisse des prix à la consommation d'un nombre important de biens, explique l'évolution à la hausse de la consommation finale des ménages (voir tableau 120).

**Tableau 120 : Impacts sur la consommation multi-produits des ménages du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

C (%)	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
RI	+0,30	+0,21	+0,24	+0,17	+0,15	+0,23	+0,27	+0,24
RP	-	-	+0,25	-	+0,16	-	+0,28	-
MA	+0,50	+0,41	+0,36	+0,29	+0,28	+0,35	+0,39	+0,37
PEC	+0,27	+0,19	+0,22	+0,16	+0,13	+0,22	+0,26	+0,22
AA	+0,27	+0,19	+0,22	+0,16	+0,13	+0,22	+0,26	+0,23
IIE	+0,46	+0,36	+0,47	+0,37	+0,34	+0,46	+0,53	+0,48
INIE	+0,41	+0,31	+0,43	+0,32	+0,29	+0,42	+0,48	+0,43
EG	+0,44	+0,35	+0,45	+0,34	+0,32	+0,44	+0,50	+0,45
PE	-	-	-	-	-	-	-	-
BP	+4,11	+4,02	+2,61	+2,47	+2,58	+2,54	+2,58	+2,61
BF	+4,26	+4,16	+2,70	+2,56	+2,68	+2,63	+2,67	+2,71
DIE	+0,30	+0,22	+0,24	+0,18	+0,15	+0,24	+0,28	+0,25
SMIE	+0,36	+0,27	+0,38	+0,28	+0,25	+0,37	+0,43	+0,38
SMNIE	+0,33	+0,24	+0,36	+0,26	+0,22	+0,35	+0,41	+0,36
SNM	-	-	-	-	-	-	-	-

On observe une progression de la consommation pour tous les ménages et pour chaque bien et service mais dans des proportions plus ou différentes.

Tout d'abord, compte tenu de la forte baisse des différents prix de l'eau, la consommation de l'eau est celle qui augmente le plus. La chute du prix de l'eau à la borne-fontaine (-9,64%) étant plus forte que celle de l'eau au branchement privé (-9,31%), la consommation d'eau à la borne-fontaine (entre +2,56% pour les ménages de Niayes et +4,11% pour les ménages de Dakar) augmente plus que celle au branchement privé (entre +2,47% pour Niayes et +4,26% pour Dakar). Il y a donc une très légère substitution de la borne-fontaine au branchement. Par contre, bien le prix de l'eau informelle ait augmenté de +0,12%, sa consommation progresse tout de même entre +0,18% pour Niayes et +0,30% pour Dakar. Ceci s'explique alors, non pas par un effet prix, mais par un effet revenu.

La deuxième grande catégorie de biens pour lesquels la hausse de la consommation est relativement forte est celle constituée par le maraîchage, l'industrie intensive en eau, l'industrie

non intensive en eau et l'énergie. Mais ces évolutions ne s'expliquent pas uniquement par celles des prix. En effet, on comprend que la consommation augmente pour le maraîchage, l'industrie intensive en eau et l'énergie puisque leur prix respectif a chuté. Mais, ce n'est pas le bien pour lequel le prix a le plus chuté qui connaît une hausse de la consommation la plus forte. En effet, parmi ces trois biens, c'est le prix du maraîchage qui a le plus chuté mais c'est celui dont la consommation augmente le moins (entre +0,29% pour Niayes à +0,50% pour Dakar). Les consommations d'industrie intensive en eau et d'énergie augmentent respectivement de +0,34% pour la Casamance à +0,48% pour Fleuve et de +0,32% pour la Casamance à +0,45% pour Fleuve. Ceci s'explique par l'effet revenu intervenant dans les consommations incompressibles et discrétionnaires de la fonction de consommation LES. Une fois que les besoins fondamentaux sont satisfaits (notamment en termes de biens agricoles), toute augmente de revenu génère un accroissement de la consommation discrétionnaire pour des biens substitués (industriels). Des effets de substitution entre les biens apparaissent malgré une hausse de la consommation pour tous. De plus, la chute du coût d'acquisition des biens du maraîchage, de l'eau, de l'énergie et de l'industrie intensive en eau libère du budget supplémentaire aux ménages pour l'acquisition des autres biens même si le prix de ces derniers a augmenté. En effet, la consommation du riz irrigué, du riz pluvial, de la pêche, de l'industrie intensive en eau et des services marchands augmente malgré un prix à la consommation en hausse. Une fois de plus, cela s'explique par l'effet revenu et de substitution entre les biens. Il faut remarquer que la hausse de la consommation des services marchands intensifs ou non en eau est relativement importante : respectivement de +0,22% pour Niayes à +0,36% pour Fleuve et de +0,25% pour Niayes et +0,38% pour Fleuve.

Pour résumer :

- 1) Les consommations de produits agricoles augmentent plus pour Dakar.
- 2) Les consommations d'eau potable augmentent plus pour les ménages urbains.
- 3) Les consommations industrielles augmentent plus pour les ménages ruraux sauf ceux de Niayes et de la Casamance.
- 4) La consommation des services augmente moins pour les autres centres urbains, Niayes et la Casamance.
- 5) La hausse de la consommation est en général plus forte pour les ménages de Fleuve et moins forte pour les ménages de Niayes et de la Casamance.

L'évolution combinée des revenus disponibles des ménages et des consommations des biens débouche sur un accroissement du bien être de tous les ménages (voir tableau 121).

**Tableau 121 : Impacts sur le bien être des ménages du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
EV	+0,19	+0,14	+0,37	+0,28	+0,22	+0,41	+0,24	+0,26

Le bien être des ménages du bassin arachidier et de la zone sylvo-pastorale (+0,37% et + 0,41%) croît plus que celui des autres ménages ruraux. Le bien être des ménages de Dakar et des autres centres (+0,19% et +0,14%) croissent moins que celui des ruraux.

Du côté des entreprises, on observe les évolutions suivantes. La hausse des rémunérations du capital agricole et non agricole (+0,34% et +0,30%) accroît leur revenu de +0,31%. Ainsi, leur épargne s'accroît de +1,01%.

Les ressources du gouvernement dépendent de l'évolution des recettes douanières et des taxes indirectes qui sont les suivantes (voir tableau 122).

**Tableau 122 : Impacts sur les recettes indirectes de l'État du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

%	TIM	TI
RI	+0,45	+0,38
RP	-	-
MA	-0,21	-0,01
PEC	-	-
AA	+0,37	+0,26
IIE	-0,02	+0,03
INIE	-0,04	-0,04
EG	-	+0,11
PE	-	-20,70
BP	-	-8,03
BF	-	-1,99
DIE	-	-
SMIE	-	-0,11
SMNIE	-	-0,01

Elles dépendent de l'évolution de la consommation, des prix de marché mais aussi du niveau des taux d'imposition initiaux. Ainsi, la baisse des prix à la consommation de l'eau potable génère malgré la hausse de la demande, une baisse des taxes indirectes sur l'eau (-20,70%, -8,03% et -

1,99% respectivement pour la production d'eau potable, la distribution au branchement privé et à la borne-fontaine). Ces différences d'évolution à la baisse se justifient par les niveaux initiaux des taux de taxes. On observe aussi une baisse des taxes indirectes collectées sur les produits du maraîchage, de l'industrie non intensive en eau et des services marchands. Toutes les autres taxes indirectes augmentent (surtout sur le riz irrigué). Seules les recettes douanières sur le riz irrigué et les produits de l'autre agriculture augmentent (+0,45% et +0,37%) compte tenu de la hausse de leurs importations. Par contre, la chute des importations des produits du maraîchage et des industries explique la chute des droits de douane collectés par l'État sur ces produits.

À côté de ces taxes indirectes, il faut regarder l'évolution des recettes directes collectées sur le revenu des ménages et des entreprises. Celles-ci dépendent bien entendu de l'évolution de leur revenu respectif dont on a déjà expliqué l'évolution mais aussi du niveau des taux d'imposition initiaux. Cependant, comme tous les revenus augmentent, les recettes directes de l'État augmentent (voir tableau 123).

**Tableau 123 : Impacts sur les recettes de l'État issues de l'imposition directe sur le revenu des ménages du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve	TDE
TD	+0,21	+0,21	+0,19	+0,19	-	-	+0,21	-	+0,31

La perte des taxes sur l'eau est telle, compte tenu de la baisse du prix de l'eau, que les ressources du gouvernement se dégradent de -0,34%. Le choc sur le prix de l'eau est donc défavorable pour le revenu de l'État. Ainsi son épargne se dégrade de -8,13%. Pourquoi l'épargne du gouvernement se dégrade autant ? Rappelons que la mise en place d'une politique de tarification de la production d'eau potable à son coût marginal s'est accompagnée de l'instauration d'une subvention versée par l'État égale à la différence entre le coût moyen et le coût marginal sur le volume total des ventes pour maintenir la survie du producteur d'eau potable en situation de monopole naturel. Cette dépense supplémentaire (par rapport à l'année de base) dégrade l'épargne du gouvernement.

En terme d'épargne totale, on sait que celui des entreprises augmente, celle de l'État se dégrade et celle des ménages s'accroît (voir tableau 124).

**Tableau 124 : Impacts sur l'épargne des ménages du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique)**

%	Dakar	ACU	BA	NIAY	CASA	ZSP	SO	Fleuve
SM	+0,25	+0,28	-	-	+0,23	-	-	+0,38

Mais au total, la dégradation de l'épargne gouvernementale n'est pas compensée par la hausse des épargnes des entreprises et des ménages. Ceci génère une chute de l'investissement total de -0,40%. Les demandes d'investissement diminuent pour tous les biens et services sauf pour les bornes-fontaines.

Enfin, l'expansion des secteurs provoquée par la baisse du prix de l'eau potable génère une chute du taux de chômage de -0,29%.

### **Conclusion (impacts du passage à une tarification au coût marginal)**

La mise en place d'une tarification de l'eau au coût marginal, dans une économie appliquée avec fiscalité pré-existante, permet d'accroître le bien être social par rapport à une situation de tarification au coût moyen. En effet, la baisse du prix de l'eau générée par le passage d'une tarification au coût moyen à une tarification au coût marginal, en diminuant le coût de l'input eau fait diminuer le coût de production de nombreux secteurs, entraînant ainsi leur expansion et par effet d'entraînement, celle des autres. L'expansion de nombreux secteurs, permise par la hausse des demandes de travail, fait diminuer le taux de chômage de -0,29% et accroît le bien être total de l'économie sénégalaise de +0,20%.

Mais l'apparition d'une subvention de l'État, nécessaire à la survie du producteur d'eau potable en situation de monopole naturel, dégrade considérablement l'épargne gouvernementale (-8,13%), ce qui nuit au niveau d'investissement total (-0,40%).

## Conclusion

Ce modèle statique nous a permis d'observer d'une part, les effets d'une sécheresse affectant à la fois l'agriculture irriguée et le secteur de production d'eau potable et d'autre part, les effets d'un changement de politique tarifaire.

Premièrement, les résultats en statique montre qu'une sécheresse plonge l'économie dans la récession avec une forte dégradation de l'investissement et du bien être total ainsi qu'une hausse du chômage liée à la contraction des secteurs. Tous les ménages (sauf ceux du Fleuve) voient leur bien être se dégrader. Les effets d'une sécheresse globale se révèlent encore plus négatifs ce qui démontre l'importance des effets de rétroaction de la ressource en eau sur l'économie sénégalaise.

Deuxièmement sans choc sur la disponibilité des ressources en eau (sécheresse), nous observons que le passage à une tarification au coût marginal améliore la situation de l'économie par rapport à celle qui maintiendrait une tarification au coût moyen. La baisse du prix de l'eau génère une expansion de l'économie avec une hausse du bien être total. Cependant cette politique de gestion de la demande dégrade l'épargne gouvernementale ainsi que l'investissement total.

Ces résultats issus du modèle SENEAU statique nous amènent alors à réfléchir sur l'intérêt d'élaborer et de simuler un *scenario* climatique dynamique plus sophistiqué qui pourrait être associé à différentes politiques tarifaires de gestion de la demande. L'idée est de représenter et de simuler, grâce à un modèle dynamique, l'évolution de long terme de la disponibilité des ressources en eau au Sénégal. Ce *scenario* climatique dynamique, représentant la rareté croissante de la ressource (compte tenu de la hausse de la demande et de la croissance démographique), pourrait alors être combiné à deux options de politique tarifaire de gestion de la demande : la tarification au coût moyen (politique actuelle qui vise l'équilibre budgétaire du secteur) *versus* la tarification au coût marginal (accompagnée d'une subvention du gouvernement). Ainsi nous pourrions comparer les effets des deux politiques à court et à plus long terme. Notamment au niveau macroéconomique, nous souhaitons mesurer les effets sur le bien être total, l'épargne gouvernementale et l'investissement total puisqu'une vision statique a montré que ces deux derniers se dégradent avec la mise en place de la tarification au coût marginal (même si, par ailleurs, le bien être s'améliore). Qu'en est-il en dynamique ?

Le chapitre suivant présente le modèle SENEAU dynamique qui permet de mettre en œuvre ces simulations plus sophistiquées, ainsi que les résultats obtenus.

# Chapitre 8

## SENEAU dynamique : présentation et résultats des simulations

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 EGC dynamique prenant en compte les évolutions de long terme de la disponibilité de la ressource (l'offre) au regard de la croissance démographique (la demande).

En effet, le recours à un modèle EGC dynamique est essentiel pour deux raisons.

Premièrement, il nous permet de simuler un *scenario* climatique plus élaboré que celui qui a été développé dans le modèle statique. En effet, le modèle statique nous permet simplement de simuler soit, une baisse de la disponibilité de la ressource en eau (sécheresse) soit, une hausse. L'intérêt du modèle dynamique est de simuler une dynamique d'évolution de la disponibilité de la ressource en eau à savoir, des périodes de hausse (forte pluviométrie associée aux politiques d'accroissement de l'offre rendant la ressource plus facilement mobilisable) suivie de périodes de stabilité, et enfin, de périodes marquées par l'apparition de déficits hydriques (compte tenu à la fois d'une faible pluviométrie et d'une forte évolution de la demande). Ce *scenario* dynamique rend mieux compte de la réalité.

Deuxièmement, une vision dynamique est plus riche d'enseignement dans le sens où elle permet de mesurer les effets de court et de long terme de la politique tarifaire de gestion de la demande. En effet, il n'est pas certain qu'une politique génère les mêmes effets à court ou à long terme. Elle peut en effet apparaître négative à court terme mais positive à long terme ou inversement. A ce titre Annabi (2003) avait montré, à l'aide d'un modèle EGC dynamique appliqué aux questions de libéralisation commerciale en Tunisie que les effets différaient selon l'horizon temporel. Les résultats de ses simulations montraient que la version statique du modèle sous-estimait les

impacts de la libéralisation commerciale sur la production et le bien être puisque les effets d'accumulation étaient ignorés. Nous souhaitons comparer les effets de court et long terme de la mise en place d'une politique tarifaire de l'eau au coût marginal.

Ainsi, le modèle SENEAU dynamique nous permet de simuler, sur un horizon de 20 ans :

- 1) Une première phase d'accroissement de la disponibilité de la ressource permise par les politiques d'offre lancées par le gouvernement sénégalais et par un contexte pluviométrique plutôt favorable depuis quelques années et,
- 2) Une seconde phase marquée par l'apparition de déficits hydriques au regard de l'évolution de la demande<sup>97</sup> (croissance démographique), et, au regard des risques futurs de sécheresse.

Ce *scenario* climatique sur la dynamique d'évolution de la disponibilité des ressources en eau 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'État 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.

Rappelons que dans la littérature, il existe deux grands types de modèles EGC dynamiques :

- 1) Les modèles dynamiques « intertemporels » ;
- 2) Les modèles dynamiques séquentiels « récursifs ».

Les premiers 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

---

<sup>97</sup> Conformément aux projections ressortant d'une étude (*Management system consultants corp*, 1998)

sont capables de réagir par rapport à des changements futurs de prix. Les ménages maximisent leur utilité intertemporelle. Les décisions d'investissement des firmes émanent d'un programme intertemporel de maximisation de leurs flux de liquidité. Mais, ces modèles sont peu utilisés pour les problématiques des pays en développement.

C'est pourquoi, nous choisissons de développer un modèle dynamique séquentiel récursif dans la lignée des travaux de 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. En effet, on considère que les agents sont myopes. Le modèle dynamique séquentiel est formulé comme un modèle statique qui est résolu séquentiellement sur toutes les périodes. À chaque période, le stock de capital est actualisé à partir d'une équation d'accumulation du capital. L'offre totale de travail (main d'œuvre) augmente au même taux que celui de la croissance démographique. La question traitée est alors celle de la distribution des nouveaux investissements entre les différents secteurs.

Nous présentons dans une première section la structure du modèle en insistant sur le bloc des équations dynamiques. Puis dans une seconde section, nous présentons et discutons les résultats des simulations de variabilité climatique associée aux politiques tarifaires de gestion de la demande, en comparant les résultats avec ce que serait la tendance de long terme sans choc.

## **Section 1 : Description du modèle SENEAU dynamique<sup>98</sup>**

### **1.1 Structure générale de SENEAU dynamique**

Nous présentons, comme dans le cas du modèle SENEAU statique, les différents blocs d'équations. Nous ne commentons pas les blocs qui demeurent inchangés par rapport à la version statique.

Le bloc 10 relatif à la production d'eau potable dans SENEAU dynamique est presque le même que celui de SENEAU statique. En effet pour la version dynamique, nous avons retiré l'équation de demande de capital dans la production d'eau potable (équation (5) dans SENEAU statique). En effet dans la version dynamique, on considère des stocks de capital exogènes et spécifiques

---

<sup>98</sup> Voir l'annexe 13 pour la définition des variables, paramètres et ensembles du modèle ainsi que l'annexe 14 pour le code GAMS du modèle.

par secteur à la première période. Mais compte tenu de l'introduction d'une fonction d'investissement et d'une équation d'accumulation du capital (que nous présenterons par la suite), les demandes de capital sont endogènes aux périodes suivantes. (voir le code GAMS du modèle en annexe). Plus précisément, les stocks de capital sont fixes à la première période puis le nouvel investissement se distribue aux autres périodes entre les différents secteurs. Rappelons que dans la version statique, nous avons distingué deux types de capital : un capital parfaitement mobile entre les branches agricoles et un capital non agricole parfaitement mobile entre les autres branches de l'économie. Ici, nous avons des stocks initiaux de capital à la première période et des demandes de capital endogènes aux périodes suivantes.

### Bloc 10 : Modélisation de la production d'eau potable dans SENEAU dynamique

#### 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)

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

(9)

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

(10)

$$CT_{WAT} = \left( \frac{VA_{WAT}}{A_{WAT}^{KLE}} \right)^{\frac{1}{s_{WAT}}} P_{KL}^{\frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}}} r e_1^{1 - \frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}}} \left( \frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT} - \alpha_{WAT}^{KLE}} \right)^{1 - \frac{\alpha_{WAT}^{KLE}}{s_{WAT}}} \left( \frac{s_{WAT}}{\alpha_{WAT}^{KLE}} \right)$$

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

Le bloc 11 présente les équations de la modélisation de la production des autres secteurs en concurrence pure et parfaite. Dans SENEAU dynamique, nous retirons de ce bloc les équations de demandes de capital par les différents autres secteurs (les équations (24), (25) et (26)) qu'il y avait dans SENEAU statique. Cependant nous avons utilisé les demandes de capital à l'année de base de SENEAU statique pour calibrer les stocks de capital initiaux de SENEAU dynamique (voir la partie calibrage du code GAMS du modèle en annexe).

### Bloc 11 : Modélisation de la production des autres secteurs dans SENEAU dynamique

#### Production des autres secteurs (concurrence pure et parfaite)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le bloc 12 (revenus et épargnes) demeure semblable à celui de SENEAU statique.

### Bloc 12 : Modélisation des revenus et épargnes dans SENEAU dynamique

#### Revenu et épargne

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

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

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

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

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

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

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

Le bloc 13 (taxes) est aussi identique à celui de SENEAU statique.

### Bloc 13 : Modélisation des taxes dans SENEAU dynamique

#### Taxes

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

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

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

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

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

De même, les équations relatives à la demande (bloc 14) restent identiques à SENEAU statique.

#### Bloc 14 : Modélisation de la demande dans SENEAU dynamique

##### Demande

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

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

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

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

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

Les équations décrivant les échanges extérieurs (bloc 15) sont aussi les mêmes que dans SENEAU statique.

#### Bloc 15 : Modélisation des échanges extérieurs dans SENEAU dynamique

##### Echanges extérieurs

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

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

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

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

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

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

$$(49) \quad SR = e \sum_{TRX} Pw_{m_{TRX}} M_{TRX} + \lambda_{row} \sum_{TR} r_{TR} KD_{TR} + TEW + TGW - e \sum_{TRX} Pw_{e_{TRX}} EX_{TRX} - \sum_H TWM_H - TWG$$

Le bloc 16 décrivant la formation des prix est presque identique à celui de SENEAU statique. En effet, il y a dans le bloc des prix de SENEAU dynamique quatre nouvelles équations de prix. Il s'agit des taux de rendement du capital (rémunération du capital) dans les secteurs de la production d'eau potable (WAT), du riz irrigué (IRG), des autres secteurs agricoles non irrigués (NIRG) et des autres secteurs (NWAT). En fait, les quatre équations relatives aux demandes de capital dans SENEAU statique (équation (5), (24), (25) et (26)) sont éliminées et remplacées par les quatre équations de rémunération du capital (équations (59), (60), (61) et (62)) dans SENEAU dynamique.

#### Bloc 16 : Modélisation des prix dans SENEAU dynamique

##### Prix

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

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

$$(52) \quad Pe_{TRX} = ePw_{e_{TRX}}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 1.2 Les conditions d'équilibre de SENEAU dynamique (bloc 17)

Les conditions d'équilibre sur le marché du travail restent identiques à celles de SENEAU statique. Cependant dans SENEAU dynamique, les équations d'équilibre entre offre et demande de capital (équations (67) et (68)) de SENEAU statique sont éliminées.

### Bloc 17 : Conditions d'équilibre dans SENEAU dynamique

#### Marché du travail (chômage)

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

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

#### Autres conditions d'équilibre

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

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

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

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

$$(69) \quad EV_H = \prod_{TR} \left( \frac{PCO_{TR}}{PC_{TR}} \right)^{\gamma_{TR,H}} \left( CTM_H - \sum_{TR} PC_{TR} \bar{C}_{TR,H} \right) - \left( CTMO_H - \sum_{TR} PCO_{TR} \bar{C}_{TR,H} \right)$$

$$(70) \quad LEON = Q_{SMIE} - \sum_H C_{SMIE,H} - DIT_{SMIE} - INV_{SMIE}$$

### 1.3 Le bloc « dynamique »

Le modèle dynamique séquentiel est formulé comme un modèle statique qui est résolu séquentiellement sur toutes les périodes. Pour cela, on indice toutes les variables et les équations présentés dans les blocs précédents au temps  $t$ . Puis à 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 que le taux de croissance de la population.

En plus des blocs présentés précédemment dont les équations sont indicées en  $t$ , on introduit un nouveau bloc d'équations dynamiques (bloc 18) qui est le suivant (Annabi, Cockburn, Decaluwé (2004) et Annabi, Cissé, Cockburn et Decaluwé (2005)).

#### Bloc 18 : Modélisation des équations dynamiques

(71)	$KD_{TR,T+1} = (1 - \delta) KD_{TR,T} + IND_{TR,T}$	Accumulation du capital
(72)	$LS_{T+1} = (1 + n) LS_T$	Croissance de la main d'œuvre
(73)	$\frac{IND_{TR,T}}{KD_{TR,T}} = \gamma_{1TR} \left( \frac{r_{TR,T}}{U_T} \right)^2 + \gamma_{2TR} \left( \frac{r_{TR,T}}{U_T} \right)$	Demande d'investissement
(74)	$U_T = Pk_T (ir + \delta)$	Coût d'usage du capital
(75)	$Pk_T = \sum_{TR} (P_{C_{TR,T}} \mu_{TR})$	Coût de renouvellement du capital
(76)	$IT = Pk_T \sum_{TR} IND_{TR,T}$	Equilibre de l'investissement

Avec :

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

$KD_{TR,T}$  : Stock de capital du secteur TR (volume)

$IND_{TR,T}$  : La demande d'investissement par destination TR ou demande de capital (volume)

$U_T$  : Coût d'usage du capital

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

$IT$  : Investissement total

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

$n$  : Taux de croissance de la population

$\delta$  : Taux de dépréciation du capital

$ir$  : Taux d'intérêt réel

$P_{c_{TR,T}}$  : Prix de marché du produit composite TR

$\gamma_{1TR}$  : Paramètre dans la fonction de demande d'investissement

$\gamma_{2TR}$  : Paramètre dans la fonction de demande d'investissement

$\mu_{TR}$  : Part en valeur du produit TR dans l'investissement total

### 1.3.1 L'accumulation du capital

L'équation (71) (voir bloc 18) 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.

### 1.3.2 La demande d'investissement

Cette fonction (73) (voir bloc 18) détermine comment le nouvel investissement va être distribué entre les différents secteurs. Ceci est donné grâce à cette fonction de distribution ou fonction de demande d'investissement, définissant ainsi le taux d'investissement par secteur de destination. Il faut noter qu'ici l'investissement n'est pas l'investissement par origine (par produit) qu'on a dans le modèle SENEAU statique mais, l'investissement par destination (par secteur).

La fonction de demande d'investissement<sup>99</sup> que nous utilisons est proche de celle proposée par Bourguignon, Branson et De Melo (1989). Les paramètres  $\gamma_{1TR}$  et  $\gamma_{2TR}$  sont des paramètres positifs calibrés sur la base des élasticités d'investissement et de l'équation d'équilibre de l'investissement (76) (voir bloc précédent). 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  $r_{TR,T}$  sur le coût d'usage du capital<sup>100</sup>  $U_T$ .

En introduisant l'investissement par destination, on doit respecter la condition d'égalité avec l'investissement total par origine de la MCS. Les paramètres  $\gamma_{1TR}$  et  $\gamma_{2TR}$  sont positifs seulement si

---

<sup>99</sup> Voir Bchir, Decreux, Guérin and Jean (2002) and Jung and Thorbecke (2003) pour des exemples de fonctions d'investissement.

<sup>100</sup> Hall and Jorgenson (1967).

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 alii* (2004), nous la fixons égale à 1,5.

À partir de l'équation de demande d'investissement :

$$\frac{IND_{TR,T}}{KD_{TR,T}} = \gamma_{1TR} \left(\frac{r_{TR,T}}{U_T}\right)^2 + \gamma_{2TR} \left(\frac{r_{TR,T}}{U_T}\right)$$

L'élasticité du taux d'investissement qui respecte le rapport du taux de rendement du capital sur le coût d'usage du capital est :

$$\frac{d\left(\frac{IND_{TR,T}}{KD_{TR,T}}\right)}{d\left(\frac{r_{TR,T}}{U_T}\right)} \cdot \frac{\left(\frac{r_{TR,T}}{U_T}\right)}{\left(\frac{IND_{TR,T}}{KD_{TR,T}}\right)} = \nu$$

Ce qui implique que:

$$\frac{2 - \nu}{\nu - 1} = \frac{\gamma_{2TR}}{\gamma_{1TR} \left(\frac{r_{TR,T}}{U_T}\right)}$$

Ainsi, si  $\nu = 1,5$  alors on obtient la relation suivante :

$$\gamma_{2i} = \gamma_{1i} \frac{R_{it}}{U_t}$$

Cette relation, avec celle de la demande d'investissement, rend possible le calibrage des paramètres  $\gamma_{1TR}$  et  $\gamma_{2TR}$ .

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 capital<sup>101</sup>.

Dans notre cas, nous fixons le taux de croissance sectoriel du capital à 5% pour calibrer le stock de capital.

### 1.3.3 Le coût d'usage du capital

Le coût d'usage du capital (équation (74) du bloc précédent) 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) :

$$U_T = Pk_T(ir + \delta)$$

### 1.3.4 La croissance de la main d'oeuvre

L'offre totale de travail est une variable endogène bien qu'elle soit simplement supposée croître au taux de croissance exogène de la population (équation (72) du bloc précédent) :

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

### 1.3.5 L'indice du prix de l'investissement

Il s'agit aussi du prix de renouvellement du capital. Il est calculé en faisant la somme des produits des prix composites des différents biens et de la part des biens dans l'investissement total.

---

<sup>101</sup> Cette hypothèse reprend la condition terminale  $\frac{Id_{it}}{K_{it}} = (n + \delta)$  qui est utilisée dans les modèles dynamiques intertemporels.

## 1.4 Bouclage, calibrage et résolution du modèle SENEAU dynamique

Le modèle SENEAU dynamique (20 périodes) comporte au total 13 306 équations pour 13 306 variables endogènes et 2 255 variables exogènes. Les variables exogènes sont les suivantes. Conformément à l'hypothèse de « petit pays », les prix mondiaux des importations ( $Pwm_{TRX}$ ) et des exportations ( $Pwe_{TRX}$ ) sont aussi supposés donnés. On suppose la dépense publique fixe ( $G$ ). L'offre totale de facteur terre ( $TS$ ) est supposée exogène. Les demandes de facteur eau primaire par les secteurs du riz irrigué ( $ED_{IRG}$ ) et de la production d'eau potable ( $ED_{WAT}$ ) sont fixes.

Enfin les dividendes ( $DIV_H$ ) et les transferts entre les différents agents ( $TGM_H, TGW, RTF_{H,H}, TWM_H, TWG, TEW$ ) sont exogènes. Compte tenu des accords relatifs à l'intégration monétaire des pays de l'UEMOA à laquelle appartient le Sénégal, le taux de change ( $e$ ) est le numéraire du modèle.

Les paramètres et les élasticités sont les mêmes que ceux du modèle SENEAU statique. Cependant, de nouveaux paramètres liés à l'introduction du bloc dynamique ont du être calibrés. Nous avons repris les valeurs utilisées par Annabi *et alii* (2004). Le taux de croissance de la population ( $n$ ) est fixé à 2%, le taux de dépréciation du capital ( $\delta$ ) à 3% et le taux d'intérêt réel ( $ir$ ) à 4%.

Le modèle est formulé comme un modèle statique qui est résolu récursivement sur un horizon de temps de 20 périodes (sous GAMS). 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 croissance en l'absence de choc<sup>102</sup>. Les effets sectoriels et macroéconomiques sont présentés dans les tableaux de la section suivante. Ces tableaux rapportent le pourcentage de variation entre le sentier de croissance sans choc et le sentier de croissance avec simulation pour chaque variable.

---

<sup>102</sup> Voir les graphiques présentés en annexe 15 pour une visualisation synthétique des tendances de long terme sans choc et les graphiques présentés en annexes 16 et 17 pour une visualisation synthétique des effets des simulations.

## **Section 2 : Résultats des simulations des politiques tarifaires au coût moyen et marginal associées au *scenario* d'évolution dynamique de la disponibilité des ressources en eau**

Les deux simulations portent sur le même *scenario* climatique. Celui-ci permet de représenter l'évolution dynamique et de long terme de la disponibilité des ressources en eau du Sénégal.

Ce *scenario* se caractérise par une première phase d'augmentation de la disponibilité de la ressource (grâce aux politiques d'accroissement de l'offre et du contexte pluviométrique actuel favorable), suivie d'une phase de stabilité, puis d'une troisième phase marquée par l'apparition de déficits hydriques (compte tenu de l'évolution de la demande et des risques futurs de sécheresse).

Plus précisément, nous simulons un accroissement de 30% de la quantité de facteur eau primaire utilisé par les secteurs du riz irrigué et de la production d'eau potable sur les trois premières périodes (1, 2 et 3) ; puis nous simulons une chute de 30% de la quantité de facteur eau primaire utilisé par les secteurs du riz irrigué et de la production d'eau potable sur les périodes 7, 8 et 9. Toutes les autres périodes sont caractérisées par une stabilité climatique en termes de disponibilité des ressources en eau. 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.

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'État 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.

## **2.1 La tarification au coût moyen face aux chocs climatiques**

Les résultats sectoriels et macroéconomiques sont présentés dans le tableau 125. Les représentations graphiques des résultats sont présentées en annexe 16.



### 2.1.1 À 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 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%).

### 2.1.2 À 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 due à 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.

## **2.2 La tarification au coût marginal face aux chocs climatiques**

On suppose que l'État 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 (0,769). 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'État lui verse une subvention pour compenser cette perte.

À travers cette simulation, nous voulons observer si le bien être total de l'économie sénégalaise, bien qu'elle subisse des chocs climatiques (notamment des déficits hydriques futurs liés à une demande trop élevée par rapport à l'offre et/ou sécheresse), est plus élevé avec une politique tarifaire au coût marginal, qu'avec une politique tarifaire au coût moyen (voir tableau 126).

Les représentations graphiques des résultats de la simulation sont présentées en annexe 17.

**Tableau 126 : Résultats de la simulation des chocs climatiques combinés à la politique tarifaire 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	
<b>CM</b>																													
<b>Cm</b>																													
<b>CT</b>																													
<b>P</b>	-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	
<b>PVA</b>	-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	
<b>PL</b>	-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	
<b>PC</b>	-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	
<b>R</b>	-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	
<b>M</b>	-3,76	8,21			1,38	0,14	2,01	0,44	1,76	0,47	0,64	0,07	1,46	0,47															
<b>D</b>	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	
<b>EX</b>	23,2	-28,6			0,15	0,08	-1,47	-0,69	-1,57	-0,61	-0,44	-0,53	-0,95	-0,3															
<b>XS</b>	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	
<b>Q</b>	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	
<b>KD</b>		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	
<b>LD</b>	-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	
<b>TD</b>	-1,38	0,4	1,21	-0,1	1,4	-0,02			0,27	-0,15																			
<b>KL</b>																													
<b>INV</b>	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	
<b>IND</b>	-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	
<b>DIT</b>	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																
<b>w</b>	1,13												0,29																
<b>rt</b>	0,88												0,5																
<b>re1</b>	-45,88												107,27																
<b>re2</b>	-23,47												59,48																
<b>Pkl</b>	-23,86												1,04																
<b>SG</b>	-5,82												-9,74																
<b>IT</b>	1,84												0,79																
<b>EV</b>	1,11												-0,18																
<b>un</b>	-1,5												-0,43																

### 2.2.1 À court terme (1996)

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus montrent que 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'État 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'État 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'État.

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. À 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%).

### 2.2.2 À 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 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 s'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

SENEAU dynamique permet de simuler à court terme une phase d'accroissement de la disponibilité de la ressource (liée aux politiques d'accroissement de l'offre et au contexte pluviométrique actuel favorable) suivie d'une phase de déficits hydriques futurs conformément aux prévisions d'évolution de la demande et des risques d'apparition d'une nouvelle sécheresse au Sénégal. 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'État 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.

# Conclusion générale

Un consensus existe au sein de la communauté internationale pour considérer la réforme du secteur de l'eau et le partenariat public-privé associant l'État sénégalais, la SONES (société publique de patrimoine) et la SDE (société privée) comme un succès. Pour preuve, le contrat arrivant à échéance en 2006 a été prolongé pour une durée de cinq ans. Les organisations internationales considèrent qu'au Sénégal, le secteur privé a trouvé une place originale dans le domaine de l'eau et qu'il produit des résultats positifs contrairement aux nombreux échecs constatés en Afrique subsaharienne.

Pour apprécier globalement le service de l'eau dans les villes au Sénégal, une étude menée en 2004 par la SDE a comparé les caractéristiques du service de distribution d'eau potable sur un échantillon représentatif de 6 pays africains sahéliers et côtiers. Il s'agit outre du Sénégal de la Côte d'Ivoire, de la Guinée, du Cameroun, de Madagascar, et du Burkina Faso (pays sahélier). Leurs caractéristiques pour les années 1999 à 2002 (selon les pays) sont présentées dans le tableau 127 (ci-dessous). La gestion du service n'est pas encore déléguée dans la moitié de ces pays : Cameroun, Madagascar et Burkina Faso, bien qu'elle soit envisagée. Les valeurs pour le Sénégal intègrent les données de la SONES et de la SDE.

L'étude montre que par rapport aux cinq pays, le service de l'eau au Sénégal présente les performances suivantes. Tout d'abord, le réseau sénégalais est le plus dense puisqu'il atteint 60 branchements par km contre 40 en Côte d'Ivoire et au Cameroun, ce qui peut partiellement expliquer les difficultés à améliorer le rendement : plus le réseau est dense et plus le taux de perte est élevé (70% des pertes proviennent des branchements). La production par habitant se situe dans les standards supérieurs de la région : 50 litres par jour et par habitant. L'indice linéaire de pertes<sup>103</sup> (12 m<sup>3</sup>/jour/km) se situe plus près des excellents rendements obtenus en Côte d'Ivoire ou au Burkina Faso (6-7 m<sup>3</sup>/jour/km) que des faibles rendements des autres pays (30 m<sup>3</sup>/jour/km), où toutefois la production est moins coûteuse. Le prix moyen du m<sup>3</sup> facturé (y compris l'assainissement) est inférieur de 17% à celui du Burkina Faso où, comme à Dakar, le

---

<sup>103</sup> Indice linéaire de pertes : volume introduit dans le réseau en m<sup>3</sup>/jour – volume consommé en m<sup>3</sup>/jour par kilomètre de réseau (hors longueur des branchements). C'est un indicateur plus pertinent que le rendement car il est indépendant de l'indice de consommation (volume facturé/kilomètre de réseau).

coût de mobilisation des ressources en eau est très élevé, mais se situe 25% au-dessus de celui du Cameroun. Le taux de recouvrement est le plus élevé des pays de l'échantillon. La productivité du personnel exprimé en km de réseau, m<sup>3</sup> facturés par an, ou nombre d'abonnés, est plus faible qu'en Côte d'Ivoire, mais beaucoup plus élevé que celle des autres pays, selon les indicateurs retenus.

Le service de l'eau potable urbain au Sénégal est perçu comme l'un des plus performants d'Afrique.

**Tableau 127 : Comparaison internationale des services d'eau potable (Afrique)**

	<b>SdE+SONES Sénégal</b>	<b>SODECI Côte d'Ivoire</b>	<b>ONEA Burkina Faso</b>	<b>JIRAMA Madagascar</b>	<b>SEEG Guinée</b>	<b>SNEC Cameroun</b>
Gestion déléguée	oui	oui	en cours	non	oui	en cours
Produit Int. Brut (Md US\$)	4,8	11,2	2,6	3,7	3,7	9,2
Population pays (million)	10,3	14,7	11	15,1	7,2	14,7
% population desservie	<b>47%</b>	46%	18%	29%	32%	48%
Nombre centres desservis	<b>56</b>	564	36	64	20	98
Longueur des réseaux (km)	5 600	10 400	2 020	1 749	1 260	3 630
Abonnés	338 000	465 600	72 715	95 000	38 000	150 000
<b>Abonnés/km</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>30</b>	<b>41</b>
Production (m3/j)	306 464	378 000	<b>92 000</b>	226 000	106 000	242 000
<b>Rendement facturation</b>	<b>79%</b>	<b>84%</b>	<b>84%</b>	<b>72%</b>	<b>60%</b>	<b>54%</b>
<b>Indice pertes (m3/jour/km)</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>31</b>
litres /jour/ habitant urbain	<b>50</b>	47	39	37	28	19
Chiffre d'affaires HT (MUS\$)	56,8	60,0	<b>22,0</b>	12,3	13,6	27,1
<b>Chiffre d'affaires / PIB</b>	<b>1,0%</b>	<b>0,5%</b>	<b>0,8%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,4%</b>	<b>0,3%</b>
<b>Prix moyen HT (US\$/ m3)</b>	<b>0,65</b>	<b>0,46</b>	<b>0,78</b>	<b>0,25</b>		<b>0,52</b>
<b>Taux de recouvrement</b>	<b>97%</b>	<b>92%</b>	<b>85%</b>	<b>60%</b>		<b>75%</b>
Effectifs	1 235	1 420	561	2 122	470	1 400
km réseau / agent	4,5	5,6	3,6	0,8	2,7	2,6
Abonnés / agent	274	320	130	48	81	107
<b>Frais de personnel / CA</b>	<b>19%</b>	<b>13%</b>	<b>16%</b>	<b>14%</b>		<b>20%</b>

Source : SDE (2004)

Cependant, les acteurs du secteur reconnaissent certaines limites et faiblesses du service de distribution d'eau potable au Sénégal. Pour améliorer le service, deux grandes orientations ont été définies par le ministère de l'Hydraulique : la qualité de l'eau et l'hydraulique rurale.

En effet depuis la réforme du secteur, l'effort a essentiellement porté sur l'augmentation de la quantité de sorte à développer une capacité de production suffisante pour répondre à la demande urbaine. Mais se pose encore un problème de qualité de l'eau dans certaines zones. Ce problème de qualité provient de l'utilisation de forages à Dakar qui ont un taux de fer important. C'est ce

taux de fer qui est à l'origine de la couleur « rouge » de l'eau des robinets à domicile. Les populations de certains quartiers s'en plaignent beaucoup. En effet compte tenu du prix de l'eau, les clients qui désormais payent leur facture, sont devenus plus exigeants et revendiquent une qualité de service toujours améliorée. Les acteurs du secteur répondent que même si l'eau est « rouge » elle n'est pas pour autant dangereuse pour la santé. Des prélèvements d'eau sont régulièrement effectués par les agents de la SONES. Les analyses bactériologiques démontrent qu'il n'existe aucun danger pour la santé humaine. Ce problème de l'eau « rouge » s'explique par le fait que l'eau originelle provient de la nappe (profonde) qui ne peut être substituée par l'eau (de surface) de Keur Momar Sarr (KMS). En effet malgré les efforts d'investissement dans des programmes de renforcement des ressources en eaux de surface, la proportion des eaux souterraines par rapport aux eaux de surface reste aujourd'hui de l'ordre de 65 à 70%. Seule une utilisation plus intensive de l'eau douce du lac de Guiers (situé à 300 kilomètres de Dakar) pourrait atténuer le fer des forages. En attendant, une nouvelle station de traitement devrait bientôt être installée à Thiaroye afin de diminuer le taux de fer.

La deuxième grande orientation du secteur concerne l'hydraulique rurale. En effet au moment de la réforme, l'accent a essentiellement porté sur l'hydraulique urbaine. C'est pourquoi nous n'avons pas abordé la question de la distribution d'eau dans les zones rurales du Sénégal au cours de cette thèse. En réalité il n'existait pas véritablement de programme. Cependant, une approche « projet » a été développée. Au fur et à mesure de l'arrivée de financements extérieurs, des forages ont été construits en zone rurale. Un bilan du secteur réalisé en 2004 a montré que 64% de la population en milieu rural a accès à l'eau dans des conditions « satisfaisantes » (SDE, 2004). Le Sénégal, contrairement à beaucoup de pays d'Afrique de l'Ouest, a opté pour le système multi-villages. Ceci est lié à une caractéristique particulière du Sénégal : les forages sont profonds puisqu'ils vont jusqu'à 300 ou 400 mètres. À l'inverse au Burkina-Faso et au Mali, les forages sont peu profonds ce qui permet l'utilisation de pompes manuelles. Les nappes étant très profondes au Sénégal, il est impossible de construire plusieurs forages compte tenu du coût élevé de l'exploitation. C'est pourquoi, le pays a opté pour les forages multi-villages. Ce sont des forages qui peuvent alimenter, dans un rayon de 5 kilomètres, un ou plusieurs villages alentours avec un château d'eau. Ce système nécessite l'utilisation de moteurs et de pompes très coûteuses. Des comités de gestion ont été mis en place. Au début des années 80, il existait une centaine de forages à gérer contre un millier aujourd'hui. Au moment de la réforme en 1996, le gouvernement a décidé de rendre autonome les comités de gestion à travers le projet de Réforme de la Gestion des Forages Motorisés (REGFOR) qui est limité à quatre régions (Thiès, Kaolack, Diourbel et

Fatick). L'objectif était de rendre ces forages durables et d'avoir une gestion par les populations qui puisse permettre une exploitation des ouvrages mis en place. Aujourd'hui l'objectif est de l'étendre à l'ensemble du pays et d'augmenter la couverture pour les dix prochaines années. Plus précisément, il s'agit de passer de 64% de taux d'accès à 82% à l'horizon 2015. Ceci nécessite la construction de nouveaux forages tout en assurant un bon entretien des forages existants pour éviter des déperditions.

Malgré ces faiblesses les acteurs du Sénégal s'accordent très largement sur un bilan positif des dix ans de réforme dans le secteur de l'hydraulique urbaine même si de nouveaux défis restent à venir. Dans le cadre des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) définis par la communauté internationale, le gouvernement sénégalais s'est fixé un certain nombre d'objectifs à l'horizon 2015 (Ndaw, 2005). C'est dans ce contexte que le Programme Eau Potable d'Assainissement du Millénaire (PEPAM) a été élaboré (République du Sénégal, 2005). Ce programme vise notamment à l'horizon 2015 l'accès à l'eau potable de 3 millions de personnes supplémentaires en milieu rural.

Cependant l'enquête auprès des ménages que nous avons menée à Dakar en 2005 tempère l'appréciation très favorable des résultats mis en avant par le secteur et le gouvernement sénégalais. En effet, dix ans après la réforme, notre enquête révèle que le branchement privé et les bornes fontaines ne représentent respectivement que 35,3% et 30,6% de l'approvisionnement en eau total des ménages de Dakar. Même s'il s'agit des deux principaux modes d'approvisionnement en eau, les puits seyaan et les voisins contribuent respectivement à 23,1% et 9,8% de l'approvisionnement total. Ceci montre que le recours aux sources alternatives demeure important en 2005. Cependant il est vrai que la structure des modes d'approvisionnement en eau des ménages dépend beaucoup du quartier. Les quartiers restent très hétérogènes. Mermoz, Grand Yoff et Yeumbell sont des quartiers dominés par le branchement privé. Tandis que les quartiers plus périphériques tels que Autre pikine, Hamdalaye 1 ou Ouakam sont plus largement dominés par les bornes fontaines. Enfin le recours aux puits seyaan est devenu extrêmement important dans les quartiers de Fass Mbao, Keur Massar et Boune, ce qui traduit un très faible accès des ménages aux services améliorés (branchement et borne fontaine).

L'étude de consentement à payer des ménages non raccordés révèle que cette population est très difficilement disposée à supporter une hausse du prix de l'eau à la borne fontaine ainsi qu'une facture bimensuelle d'eau. Il s'agit probablement d'une population habituée à recourir aux sources

alternatives, parfois gratuites telles que les puits seyaan, ou habituée à recourir aux bornes fontaines mais incapables de payer plus. Cette population se projette difficilement dans l'option du raccordement qui apparaît trop coûteuse.

En revanche, la réaction des ménages déjà raccordés face à une hausse tarifaire apparaît moins virulente que celle des ménages non raccordés. Très peu optent pour l'option radicale de résilier le raccordement. La plupart choisissent d'adapter leur consommation pour maintenir un budget constant tandis que quelques uns acceptent de supporter la hausse tarifaire.

Cette dichotomie des comportements des ménages raccordés/non raccordés face aux hausses tarifaires ainsi que le choix des sources d'approvisionnement, montrent qu'il existe probablement un fort écart de revenu entre ces deux catégories.

Les modèles économétriques nous ont permis de révéler les caractéristiques des ménages raccordés au branchement privé, et, celles des ménages utilisateurs des bornes fontaines à Dakar, en 2005. Il apparaît en effet que le niveau de richesse reflété par les équipements des habitats augmente la probabilité du raccordement. D'autres variables telles que l'alphabétisation, le fait que le chef de ménage soit une femme veuve et le fait d'être propriétaire, augmentent aussi la probabilité du raccordement. À l'inverse, le fait d'être locataire et d'avoir une préférence pour un achat quotidien de l'eau augmentent la probabilité d'utiliser les bornes fontaines. Précisons que ce dernier facteur explicatif n'avait pas été démontré économétriquement. Il montre que les ménages pauvres ont une préférence pour le paiement au jour le jour de l'eau en fonction de leur revenu. L'irrégularité de leur revenu ne leur permet pas de se projeter dans une situation de raccordement qui induirait le paiement d'une facture bimensuelle. De même les conditions d'accès au branchement social (présentées en introduction générale) font qu'il est logique que le statut propriétaire accroisse la probabilité du raccordement et que le statut locataire accroisse la probabilité de l'utilisation des bornes fontaines. Clairement, les critères d'attribution conduisent à plutôt privilégier les ménages établis, y compris les ménages relativement pauvres, et à exclure les ménages les plus pauvres. En effet les ménages les plus démunis, qui s'établissent à Dakar dans des quartiers spontanés (Autre pikine par exemple), ne disposent pas de titre de propriété et ne bénéficient pas du programme de branchement social : ceci explique leur recours intensif aux sources alternatives. En revanche, le programme de branchement social n'exclut pas les ménages aisés, qui bénéficient bien souvent d'un branchement social alors qu'ils auraient les moyens de financer un branchement normal. Ce sont d'ailleurs probablement ces ménages qui consentent à payer une hausse tarifaire de la facture bimensuelle d'eau. Enfin les résultats économétriques mettent aussi en évidence que la distance aux bornes fontaines influence le choix de l'utilisation

ou non de celle-ci. Ce résultat va dans le sens des nombreux travaux de Whittington *et alii* (1990, 1992) sur la notion du coût d'opportunité du temps. Ce coût d'opportunité du temps étant plus élevé chez les ménages éduqués et riches (alors raccordés) que chez les ménages non éduqués et pauvres (utilisateurs des bornes fontaines).

Notre enquête aboutit alors aux grandes conclusions suivantes. Tout d'abord dix ans après la réforme, trois principales sources d'approvisionnement demeurent coexistantes (branchement privé, bornes fontaines et informel, revente de voisinage inclus). La revente de voisinage est un phénomène qui semble s'être beaucoup développé ces dernières années puisque l'enquête menée par la Banque mondiale en 1997 présentait ce phénomène comme très marginal. Deuxièmement les prix de l'eau selon la source diffèrent très fortement avec des effets contre-redistributifs compte tenu des niveaux de prix très élevés aux sources alternatives par rapport au tarif social. Enfin, le prix de l'eau au branchement apparaît trop élevé pour une large part de la population non raccordée. On comprend l'intérêt d'un tel tarif pour l'atteinte de l'équilibre budgétaire du secteur mais il interroge sur l'objectif « social » d'accès pour tous. Enfin il interroge sur les conséquences d'éventuelles nouvelles hausses tarifaires (pour financer les nouveaux programmes d'investissement).

Enfin la stratégie actuelle du Sénégal vise aussi à lutter contre les risques futurs de déficits hydriques. Pour cela, deux principales approches sont adoptées.

Premièrement, de nouveaux programmes de renforcement en eau sont prévus. La DGPRES<sup>104</sup> prévoit que les nouvelles ressources en eau pourraient provenir :

- Du lac de Guiers, au moyen d'une nouvelle station de traitement et d'un renforcement de l'adduction ;
- De la zone Est de l'aquifère du Maastrichtien, si les études hydrogéologiques en démontrent la disponibilité, compte tenu des prélèvements des régions ;
- De l'eau de mer au moyen d'une usine de dessalement,
- Ou d'une combinaison des ressources précédentes.

---

<sup>104</sup> DGPRES : Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau, au sein du ministère de l'Agriculture. Elle est chargée d'améliorer la connaissance des ressources en eau, d'élaborer les *scenarii* de protection et d'exploitation des ressources et d'exercer, avec les autres agents du Ministère, la police des prélèvements d'eau.

Deuxièmement pour lutter contre la variabilité pluviométrique, le Sénégal a adopté en 2005 un programme de « pluies provoquées ». En effet, la rareté et l'irrégularité des pluies, leur mauvaise répartition, l'invasion des criquets pèlerins ou les inondations subites (très fortes à Dakar en septembre 2005 ayant provoqué un retour du choléra) sont des facteurs qui contraignent fortement le développement de l'agriculture, l'élevage et de la pêche au Sénégal. Les résultats des simulations de sécheresse à partir du modèle SENEAU statique ont montré la forte vulnérabilité de l'économie sénégalaise, principalement l'agriculture, aux ressources en eau. Ces déficits hydriques rendent le combat contre l'insécurité alimentaire difficile.

Les pluies provoquées existent déjà dans quelques pays. C'est à la fin des années 40 que les chercheurs ont découvert qu'il était possible de transformer en cristaux de glace, les gouttelettes d'eau surfondues contenues dans les nuages en introduisant dans ces derniers un agent de refroidissement. Depuis les recherches ont mis au point plusieurs techniques. La dernière est la technique des noyaux glaciogènes qui permet d'introduire des cristaux d'iodure d'argent dans les nuages soit à partir d'un avion ou de lanceurs du sol. Ces opérations d'ensemencement des nuages, pratiquées au Maroc, au Burkina Faso, en Lybie, en Afrique du Sud et au Botswana, auraient abouti à des résultats très satisfaisants. C'est pourquoi le programme des pluies provoquées a été expérimenté au Sénégal l'année dernière, avec l'appui de l'expertise marocaine. L'idée est de mieux maîtriser l'eau dans le pays, de capter les eaux de ruissellement des pluies dans les zones ciblées (la zone arachidière et la zone sylvopastorale). Ce programme vise à améliorer la production agricole à travers le remplissage des bassins de rétention, la mise à la disposition des populations d'une quantité d'eau importante pour le bétail et l'agriculture. Pour l'année 2005, le comité national du Programme des pluies provoquées a procédé à une vingtaine d'interventions aériennes et terrestres dans les zones arachidière et sylvopastorale du Sénégal.

Cependant le modèle SENEAU dynamique a montré que les effets très négatifs sur l'économie des pénuries d'eau pouvaient être totalement contrecarrées avec la mise en place d'une politique tarifaire de gestion de la demande au coût marginal. Cette dernière permet de mieux gérer la rareté de la ressource. En effet le modèle montre que lorsque le Sénégal fait face aux déficits hydriques, la politique tarifaire au coût marginal inverse les tendances d'une économie qui maintiendrait une politique tarifaire au coût moyen. L'investissement total s'accroît, le bien être total se dégrade moins. La baisse du prix de l'eau (intrant et bien final), générée par le passage d'une tarification au coût moyen à une tarification au coût marginal, génère une expansion de nombreux secteurs, relance l'activité économique ce qui diminue le taux de chômage. La production agricole du riz pluvial et du maraîchage augmente tandis que tous les secteurs

agricoles se contractent avec une tarification au coût moyen. Ce *scenario* tarifaire apparaît bénéfique à la lutte contre l'insécurité alimentaire puisqu'en dépit des déficits hydriques, les productions agricoles du riz irrigué et du maraîchage s'accroissent. Enfin la distribution d'eau potable au branchement privé et aux bornes fontaines se développe grâce à la dynamique de l'investissement, ce qui accroît l'accès des ménages aux services améliorés. Le secteur informel de l'eau recule avec la mise en place d'une politique tarifaire au coût marginal tandis qu'il se développe en jouant pleinement son rôle de régulateur de la pénurie avec une politique tarifaire au coût moyen.

Ce résultat va à l'encontre des recommandations des bailleurs de fonds qui imposent au secteur de l'eau la contrainte d'équilibre budgétaire du secteur *via* une tarification au coût moyen. En effet, l'intervention de l'Etat *via* une subvention visant à combler le déficit du secteur lié à une tarification au coût marginal ne génère pas, dans le cadre d'une économie appliquée avec fiscalité distortante, d'effets négatifs. Au contraire, elle permet l'expansion de l'économie notamment grâce à la hausse des épargnes des agents domestiques et étrangers qui compense la dégradation de l'épargne gouvernementale.

Néanmoins, il convient de tempérer ce dernier résultat fortement lié aux conditions de bouclage du modèle. En effet, la dégradation de l'épargne gouvernementale générée par la subvention au secteur de l'eau interroge sur le financement de la dette publique. Dans le modèle, cette dette est financée par l'épargne endogène des autres agents. Si on avait imposé la fixité de la dette publique alors la subvention aurait dû être financée par une taxation supplémentaire.

Ce travail offre de nouvelles perspectives de recherche. Tout d'abord, les modèles EGC présentés ne nous ont pas permis de modéliser la structure progressive du prix de l'eau avec tranches croissantes. Nous avons seulement raisonner sur un tarif de base du prix de l'eau (coût moyen *versus* coût marginal). Ainsi tous les effets redistributifs par le jeu des différentes tranches n'ont pu être captés. Un cadre d'équilibre partiel pour traiter cette question serait riche d'enseignements.

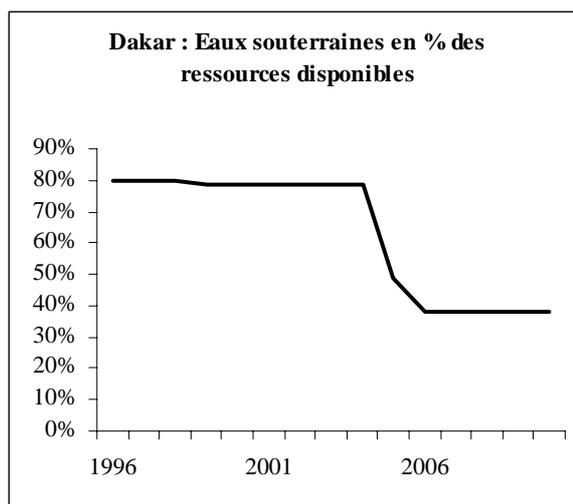
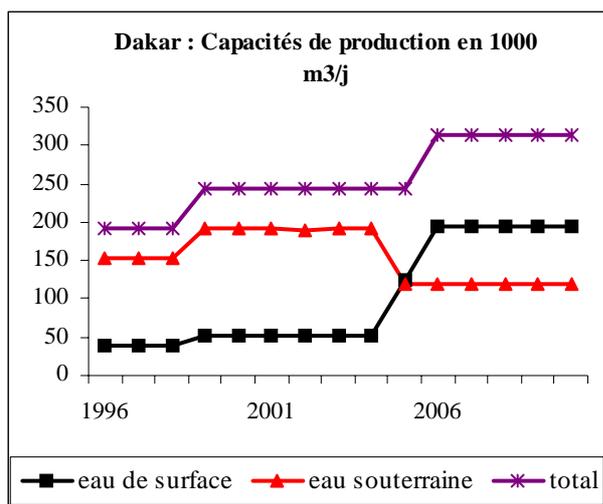
Deuxièmement, des *scenarii* d'investissements seraient intéressants à étudier. Le cadre dynamique permet d'élaborer des phases d'investissements croissants puis décroissants dans le temps. Il serait aussi intéressant d'étudier les impacts des infrastructures publiques en eau pour mettre en évidence des effets de croissance endogène.

Une analyse micro-simulée, à partir des données ESAM (Enquête Sénégalaise Auprès des Ménages, 1995) qui comporte plus de 3 200 ménages pourrait offrir une analyse fine des inégalités et de la pauvreté suite au changement de politique tarifaire de l'eau.

Enfin compte tenu du poids important des puits seyaan dans l'approvisionnement en eau des ménages, il serait intéressant d'étudier économétriquement les déterminants de cette demande. Et l'exploitation future des bases de données issues de notre enquête auprès des fontainiers et des opérateurs informels de l'eau permettra d'étudier tous les mécanismes de déformation du prix de l'eau entre les deux bouts de la chaîne de distribution (SDE, client final).

# Annexes

## Annexe 1 : Les ressources en eau souterraine et de surface dans la capacité de production disponible de Dakar



Source : *Management system consultants corp*, 1998

## Annexe 2 : Le questionnaire « ménages »

Voir page suivante



## Questionnaire Ménages (1)

N° questionnaire :

### Enquête sur la distribution de l'eau à Dakar

Nom(s) et Prénom(s) du répondant : .....

Quartier : .....

Date de l'entretien (jj/mm/aaaa) : ...../...../.....

Nom de l'enquêteur : .....

**Avant de commencer l'interview, remerciez le répondant pour sa participation à l'enquête. L'enquêteur doit expliquer ce qui suit à la personne interrogée :**

*Bonjour,*

*Je suis un enquêteur du CRES, un centre de recherche en économie à l'Université de Dakar. Nous réalisons actuellement dans le cadre d'un programme de recherche, une étude sur les conséquences de la privatisation du secteur de l'eau sur l'accès de tous. Nous aimerions connaître vos habitudes et besoins de consommation en eau afin d'améliorer le service dans votre quartier et aussi dans toute la ville de Dakar. Cette étude ne sera toutefois pertinente que si nous obtenons des données correctes et représentatives. C'est pourquoi nous requerrons votre complète adhésion et votre entière participation.*

***Les renseignements que vous nous donnez resteront confidentiels. Aucun nom de répondant ne sera utilisé dans aucune publication résultante de cette enquête.***

**OBSERVATIONS :**

## Bloc A : Renseignements démographiques sur le chef de ménage (CM)

Q1 : Nom et Prénoms du Chef de Ménage:.....

Si le répondant est le CM, passer à Q3

Q2 : Lien avec le chef de ménage (si le répondant n'est pas le chef de ménage)

1 = Femme du chef de ménage                      4 = Frère ou soeur du chef de ménage  
2 = Un enfant adulte du chef de ménage      5 = Belle-famille du chef de ménage  
3 = Parents du chef de ménage

Q3 : Sexe du CM :                      1 = Homme                      2 = Femme

Q4 : Quel âge avez-vous ?

Q5. Quelle est votre situation matrimoniale ?

1 = Célibataire      2 = Marié €                      3 = Veuf(ve)                      4 = Divorcé(e)

Q6. Nombre d'épouses du CM (coépouses: si répondante est un des épouses du CM)

Q7. Nombre d'enfants du Chef de Ménage (Tous les enfants du CM)

Q8. Taille du ménage

Q9. Nombre total de parents à charge (ménage exclu)

Q10. Ethnie du CM

1 = Diola                      4 = Maure                      7 = Toucouleur  
2 = Lébou                      5 = Peul                      8 = Wolof  
3 = Manding                      6 = Sérér                      9 = Autre à préciser .....

Q11. Savez vous lire ou écrire ?                      1 = oui                      2 = Non

Q12. Est-ce que vous êtes déjà allé à l'école ?      1 = oui                      2 = Non

Si non (allez à Q14)

Q13. Si oui, quelle est la plus haute classe que vous avez achevée ?

1 = Aucune                      5 = CE<sup>1</sup>                      9 = 6<sup>ème</sup>                      13 = 2<sup>nde</sup>                      17 = Professionnel  
2 = Maternelle                      6 = CE<sup>2</sup>                      10 = 5<sup>ème</sup>                      14 = 1<sup>ère</sup>                      18 = Supérieur général  
3 = CI                      7 = CM<sup>1</sup>                      11 = 4<sup>ème</sup>                      15 = Terminale                      19 = Autre  
4 = CP                      8 = CM<sup>2</sup>                      12 = 3<sup>ème</sup>                      16 = Technique

**Bloc B : Modes d'approvisionnement en eau et pratiques de consommation**

**Q14** Indiquer les sources d'alimentation en eau que vous utilisez 1 = Oui 2 = Non

Sources d'approvisionnement	
Branchement privé	
Bornes-fontaines	
Puits	
Charretiers	
Porteurs d'eau	
Autre	

**Q15** Avez-vous un branchement privé SDE ? 1 = Oui 2 = Non

Si non **allez à Q16**

Si oui

15a depuis quelle année ?

15b Qui a payé le branchement privé ?   
 1 = Propriétaire 2 = Locataire 3 = Autre (à préciser) .....

15c Qui paye les factures ? 1 = Oui 2 = Non

Le ménage (s'il y a un seul ménage dans l'unité d'habitation)	
Partage avec les autres ménages de la cour à part égale	
Partage avec les autres ménages de la cour en fonction de la taille du ménage	
Compris dans le prix du loyer :	
Autre(s) (à préciser) : .....	

15d. Quel est le montant de la facture des deux derniers mois (regarder la facture SDE) ?

Montant de la facture bimensuelle (en FCFA)	
Quantité facturée (en m3)	
Nombre de jours facturés	

15e Si vous avez un branchement privé, continuez-vous à l'utiliser ? 1 = Oui 2 = Non

Si non **allez à la question 15g**

15f. Si oui, quels sont les problèmes rencontrés dans ce système d'alimentation en eau ?

1 = Oui 2 = Non

Problèmes liés au branchement privé	
Coupures fréquentes	
Manque de pression	
Couleur de l'eau	
Goût de l'eau	
Périodicité du paiement des factures mal adapté	
Prix trop élevé	
Autre(s) (à préciser) : .....	

15g. Si vous n'utilisez plus le branchement privé, pourquoi ?

1 = Oui                      2 = Non

<b>Raisons de la non utilisation du branchement privé</b>	
Disponibilité d'un puits	
Non paiement de la facture	
Manque de ressources financières	
Facture trop chère	
Mauvaise qualité de l'eau	
Coupures fréquentes du réseau	
Quantités insuffisantes	
Problème de pression	
Long temps d'attente si réparation	
Autre(s) (à préciser) : .....	
.....	

**Q16** Si vous n'avez pas de Branchement privé, pourquoi ?

1 = Oui                      2 = Non

<b>Raisons du non raccordement</b>	
Disponibilité d'un puits	
Coût du raccordement au branchement privé trop élevé	
Préférence pour le paiement de la consommation d'eau au jour le jour	
Absence du réseau SDE	
Dépôt de la demande et attente de la réaction de la SDE	
Autre(s) (à préciser) : .....	
.....	

**Q17** Utilisez-vous l'eau des bornes-fontaines ?    1= Oui            2 = Non

Si non **allez à Q18**

17a Si oui, depuis combien d'années ?

17b Si oui, pouvez-vous préciser l'utilisation finale de l'eau collectée à la borne-fontaine ?

1= Oui            2 = Non

<b>Usages de l'eau</b>	
Eau de boisson	
Eau d'hygiène (toilette)	
Eau de lavage	
Eau de cuisine	
Eau d'arrosage (jardin)	
Autre(s) (à préciser) : .....	
.....	

17c A quelle distance approximative se trouve la borne-fontaine utilisée (en mètres) ?

17d A quelle fréquence utilisez-vous l'eau des bornes-fontaines ?

1 = Régulièrement            2 = Occasionnellement            3 = Rarement

17e A quelle période de l'année utilisez-vous le plus d'eau à la borne-fontaine ?   
 1 = Juin-Octobre 2 = Novembre-Février 3 = Mars-Mai 4 = Pas de période spécifique

17f. A l'occasion de quel(s) événements utilisez-vous le plus d'eau à la borne-fontaine ?  
 1 = Oui 2 = Non

<b>Evènements</b>	
Coupure branchement privé	
Cérémonies familiales	
Fêtes religieuses	
Autre	

17 g Quelle est la durée d'ouverture de la borne-fontaine le matin? (en heures)

17 h Quelle est la durée d'ouverture de la borne-fontaine l'après-midi ? (en heures)

17i. Remplissez le tableau suivant :

	<b>Seau de 15L</b>	<b>Seau 20L</b>	<b>Bassine 30L</b>	<b>Bassine 40L</b>	<b>Fût 50L</b>	<b>Fût 200L</b>
<b>Nombre moyen acheté /jour</b>						
<b>Prix de l'eau à la borne-fontaine (unité de mesure : en FCFA)</b>						

17j Le prix de l'eau à la borne-fontaine varie-t-il ? 1 = Oui 2 = Non   
 Si non, **allez à Q171**

17k Si oui, dans quelles circonstances le prix de l'eau varie-t-il ? 1 = Oui 2 = Non

<b>Circonstances</b>	
Coupure réseau BP	
Fêtes religieuses	
Problème pression	
Selon la saison	
Autres (à préciser) : .....	
.....	

17l. Quels sont les membres de la famille qui vont à la borne-fontaine chercher l'eau ?  
 1 = Oui 2 = Non

Femme du chef de ménage	
Garçon	
Jeune fille	
Femme adulte	
Domestique	
Autre .....	

**Q18** Si vous n'utilisez pas l'eau des bornes-fontaines, pourquoi ?

1 = Oui                      2 = Non

<b>Raisons de la non utilisation des bornes-fontaines</b>	
Disponibilité d'un puits	
Disponibilité d'un branchement privé	
Prix à la borne-fontaine trop élevé	
Distance à parcourir trop élevée	
Perte de temps	
Faibles quantités d'eau	
Coupures fréquentes	
Autre(s) (à préciser) :.....	

**Q19** Utilisez-vous d'autres modes d'approvisionnement (branchements privés, bornes-fontaines exclus) ?

1 = Oui    2 = Non

Si non allez à Q 20

19a. Si oui, remplissez le tableau suivant des prix unitaires moyens de l'eau (en FCFA) que vous payez en fonction du mode d'approvisionnement :

(en FCFA)	Prix du litre d'eau	Prix du seau de 15L	Prix du seau de 20L	Prix de la bassine de 30L	Prix de la bassine de 40L	Prix du fût de 50L	Prix du fût de 200L
<b>Charretier</b>							
<b>Porteur d'eau</b>							
<b>Puits-seyaan</b>							
<b>Voisin</b>							

19b. Remplissez le tableau suivant : fréquence et usages de chaque mode d'approvisionnement :

Modes d'approvisionnement en eau utilisés	Fréquence : = Régulièrement = Occasionnellement = Rarement	Usages :				
		= Eau de boisson	= Eau d'hygiène (toilette)	= Eau de lavage	= Eau de cuisine	= Autre (à préciser)
<b>Puits-seyaan</b>						
<b>Charretiers</b>						
<b>Porteurs d'eau</b>						
<b>Voisin</b>						

19c. A quelle période de l'année recourez-vous le plus aux autres modes d'approvisionnement ?

1 = Juin-Octobre    2 = Novembre-Février    3 = Mars-Mai

19d. A l'occasion de quel(s) événement(s) recourez-vous le plus aux autres modes d'approvisionnement ? 1 = Oui 2 = Non

<b>Evènements</b>	
Coupure branchement privé	
Coupure borne-fontaine	
Prévision d'une coupure (stocks de précaution)	
Cérémonies familiales	
Fêtes religieuses	
Autre	

19e. Quelle quantité d'eau consommez-vous en moyenne par jour auprès des revendeurs d'eau (charretiers/porteurs d'eau) et pour quel prix unitaire (en FCFA) ? (remplir le tableau ci-dessous)

	<b>Charretier</b>	<b>Porteur d'eau</b>
<b>Seau 15L</b> Prix unitaire en FCFA Nombre/jour	..... .....	..... .....
<b>Seau 20L</b> Prix unitaire en FCFA Nombre/jour	..... .....	..... .....
<b>Bassine 30L</b> Prix unitaire en FCFA Nombre/jour	..... .....	..... .....
<b>Bassine 40L</b> Prix unitaire en FCFA Nombre/jour	..... .....	..... .....
<b>Fût 50L</b> Prix unitaire en FCFA Nombre/jour	..... .....	..... .....
<b>Fût 200L</b> Prix unitaire en FCFA Nombre/jour	..... .....	..... .....

### **Bloc C : Avantages et inconvénients des différents systèmes**

**Q20** Quels avantages présente le système de la borne-fontaine ? 1 = Oui 2 = Non

<b>Avantages de la borne-fontaine</b>	
Prix acceptable	
Flexibilité du mode de paiement (abonnement)	
Paiement journalier	
Maîtrise de la consommation	
Qualité de l'eau acceptable	
Distance acceptable	
Heures d'ouverture faciles	
Peu d'attente	
Autre(s) (à préciser) : .....	

**Q21** Quels inconvénients présente la borne-fontaine ? 1 = Oui 2 = Non

<b>Inconvénients de la borne-fontaine</b>	
Prix élevé	
Prix variable	
Distance à parcourir élevée	
Perte de temps	
Faibles quantités d'eau	
Coupures fréquentes	
Faible pression	
Caractère difficile du fontainier	
Hygiène et environnement de la borne-fontaine	
Mauvaise qualité de l'eau	
Temps d'attente long	
Autre(s) (à préciser) :.....	
.....	

**Q22** Que pensez-vous de la politique de la SDE en matière de borne-fontaine ?

1 = Bonne                      2 = Moyenne                      3 = Mauvaise                      4 = Pas d'avis

**Q23** Quelles améliorations devraient être apportées au système des bornes-fontaines ?  
1 = Oui                      2 = Non

<b>Améliorations souhaitables</b>	
Augmentation du nombre de bornes-fontaines	
Augmentation du nombre de robinets	
Hygiène et environnement de la borne-fontaine	
Augmentation de la pression	
Etalement des heures d'ouverture	
Diminution des tarifs	
Autre(s) (à préciser) :.....	
.....	

**Q24** Que pensez-vous de la politique menée par la SDE en matière de branchements privés ?  
1 = Bonne                      2 = Moyenne                      3 = Mauvaise                      4 = Pas d'avis

<b>En termes de :</b>	
Hausse générale des tarifs	
Nombre de branchements sociaux	
Nombre de branchements ordinaires	
« Tarif social »	
Coût du raccordement	
Autre(s) (à préciser) :.....	
.....	

**Q25** Si vous n'avez pas de branchement privé, envisagez-vous un branchement domiciliaire privé ?  
1 = Oui (allez à Q27)                      2 = Non

**Q26** Si non, pourquoi ?.....

**Q27** Quels avantages présente le système de revente de l'eau à domicile (charretiers/porteurs) ?

1 = Oui 2 = Non

<b>Avantages des revendeurs d'eau</b>	
Tarif	
Flexibilité du mode de paiement	
Paieement journalier	
Pas de distance à parcourir	
Gain de temps	
Maîtrise de la consommation	
Livraison de grandes quantités	
Autre(s) (à préciser) : .....	
.....	

**Q28** Quels inconvénients présente le système de revente d'eau (charretiers/porteurs) ?

1 = Oui 2 = Non

<b>Inconvénients des revendeurs d'eau</b>	
Prix élevé	
Prix variable	
Manque d'hygiène	
Mauvaise qualité de l'eau	
Quantités insuffisantes	
Approvisionnement irrégulier	
Pas de crédit	
Autres	

**Q29** Ce service est-il ? : 1 = un complément ou 2 = un substitut ?

**Q30** Ce service est-il un recours durable (dans le temps) ? 1 = Oui 2 = Non

**Q31** Pourquoi ? .....

## **Bloc D : Volonté de payer pour un système amélioré d'approvisionnement en eau**

### **1) Section relative aux ménages sans branchement privé**

**Q32** Seriez-vous en faveur d'un plan d'amélioration des bornes-fontaines dans votre quartier si le prix de l'eau en résultant était de 35 FCFA/bassine de 30L?

1 = Oui 2 = Non

**Q33** Si le coût bimensuel d'un raccordement au BP (X) était de 6 000 FCFA (tous les deux mois) pour les 4 années à venir, d'après une décision de la SONES et SDE, dans ces conditions, quelle option préféreriez-vous entre l'utilisation d'une borne-fontaine améliorée ou le branchement individuel au domicile compte tenu du prix 35 FCFA la bassine à la borne-fontaine et du prix 10 000 FCFA de la facture bimensuelle au branchement privé (30m<sup>3</sup>)?

1 = Branchement privé 2 = Borne - fontaine 3 = Aucune

**Q34** Si l'option Branchement privé est rejetée à Q33, changeriez-vous d'avis si le coût du raccordement baissait à 3 000 FCFA tous les deux mois, étant entendu que la facture bimensuelle d'utilisation de l'eau resterait la même ?

1 = Oui

2 = Non

34a Si l'option Branchement privé est rejeté à Q33, quel montant de la facture d'eau bimensuelle (en FCFA) au branchement privé seriez-vous prêt à payer ?

--	--	--	--	--	--	--

## 2) Section sur la VDP des ménages avec branchement privé

On suppose que le prix de l'eau va augmenter au cours des 12 prochains mois et sera augmenté périodiquement par la suite, à cause d'un prêt accordé à la SONES pour l'amélioration du système. Après la 1<sup>ère</sup> hausse des prix, la facture d'eau sera augmentée de 500 FCFA tous les deux mois pour un volume de consommation d'eau constant.

**Q35** Laquelle des trois options préféreriez – vous ?

1 = Ne pas changer l'habitude de consommation, ce qui signifie être appelé à payer l'augmentation de prix.

2 = Réduire le volume de consommation pour tenter de minimiser, voire d'éliminer toute augmentation ultérieure de la facture d'eau.

3 = Résilier le raccordement privé et décider d'obtenir l'eau en provenance d'autres sources d'approvisionnement.

**Q36** Si la réponse à Q35 est 2, quels moyens seraient mis en œuvre pour économiser l'eau ?.....

.....

**Q37** Si la réponse à Q35 est 2, quel niveau de réduction du volume de consommation en eau résulterait – il ? (en litres)

--	--	--

## Bloc E : Caractéristiques socio-économiques du ménage

### 1. Caractéristiques de l'habitat

**Q38** Quel est votre statut dans la concession ?

Statut dans la concession
1) Propriétaire
2) Locataire
3) Descendant ou parent
4) Autre(s) (à préciser) :.....

**Q39** Si vous êtes en location, préciser votre montant du loyer mensuel (FCFA) :

--	--	--	--	--	--	--

**Q40** Combien y a-t-il de ménages dans la concession ?

--	--

**Q41** Quel est le nombre de personnes habitant la concession (tous ménages confondus) ?

**Q42** Type d'habitat du ménage :

42a. Caractéristiques du toit : (citez le matériau dominant)

1 = Dalles	3 = Ardoises	5 = Paille – chaume
2 = Tôle en zing ou plastique	4 = Tuiles	6 = Autre

42b. Caractéristiques du mur : (citez le matériau dominant)

1 = Paille	3 = Bois	5 = Banco	7 = Autre
2 = Zinc	4 = Crintin	6 = Ciment	

42c. Caractéristiques du sol : (citez le matériau dominant)

1 = Ciment	2 = Sable	3 = Banco	4 = Carreaux	5 = Autre
------------	-----------	-----------	--------------	-----------

42d. Quel est le nombre de pièces à usage d'habitation

**Q43** De quels types d'équipement en eau disposez – vous ? 1 = Oui 2 = Non

Equipements en eau	
Evier (cuisine)	
Lavabo	
Douche	
Baignoire	
Chaise (anglaise-turque)	
Bac à laver	
Puisard	
Autres (à préciser) : .....	

**Q 44** Activité principale du Chef de Ménage

1 = Agriculture	5 = Transport	9 = Administration
2 = Mines / Carrières	6 = Commerce / Vente	10 = Autres
3 = Production/ Transformation	7 = Services	
4 = Construction	8 = Education/ Santé	

**Q45** Pour votre activité principale êtes-vous 1 = Salarié 2 = Non salarié

**Q46** Activité secondaire du Chef de Ménage

1 = Agriculture	5 = Transport	9 = Administration
2 = Mines / Carrières	6 = Commerce / Vente	10 = Autres
3 = Production/ Transformation	7 = Services	
4 = Construction	8 = Education/ Santé	

**Q47** Pour votre activité secondaire êtes-vous ? 1 = Salarié 2 = Non salarié

**Bloc E : Conclusions sur l'enquête**

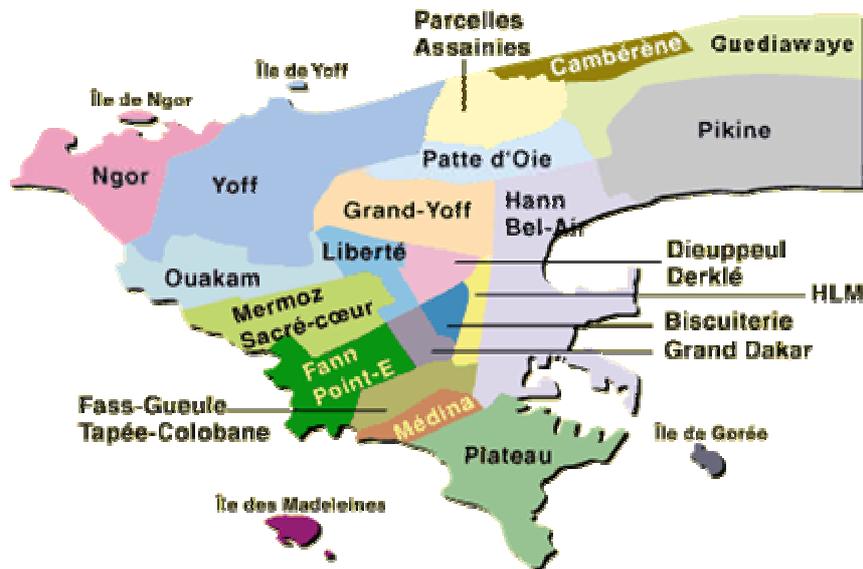
**Q48** Disponibilité (temps) de l'enquêté : 1= Bonne 2= Moyenne 3= Mauvaise

**Q49** Motivation (adhésion) de l'enquêté : 1= Bonne 2= Moyenne 3= Mauvaise

**Q50** Difficultés rencontrées par l'enquêteur : 1= Oui 2= Non

<b>Difficultés (enquêteur)</b>	
Problèmes de compréhension	
Absence de documents (factures SDE)	
Refus de parler ou de répondre	
Autre(s) difficulté(s) (à préciser) :.....	
.....	

### Annexe 3 : Les différents quartiers de Dakar



Source : [www.senegal-online.com](http://www.senegal-online.com)

### Annexe 4 : Modèle 1 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005). Premier modèle sans restriction : l'étude des corrélations de Spearman entre les variables retenues (187 chefs de ménages)

Tout d'abord, nous constatons qu'il existe des corrélations fréquentes entre les quartiers et les enquêteurs. L'utilisation des variables enquêteurs auraient pu servir à vérifier un éventuel « effet enquêteur » dans les réponses données à la question 15 (je suis raccordé ou non au branchement privé) suivant la personne ayant enquêté. Cependant, en ce qui concerne les réponses de nature objective (de type j'ai ou je n'ai pas), cela ne semble pas jouer.

Par exemple, il existe une corrélation entre le fait d'avoir un évier ou un lavabo et l'enquêteur 13 (0,54 et 0,65) mais il existe aussi une corrélation forte entre l'enquêteur 13 et le quartier 8 (0,95). On peut alors penser que cela correspond plutôt à une corrélation entre les deux caractéristiques lavabo et évier et le quartier 8, ce qui est confirmé (0,57 et 0,68). Il n'y a donc pas d'effet enquêteur 13.

De même, il existe une corrélation entre le fait d'avoir un bac à laver et l'enquêteur 2 (0,54) mais comme il existe une corrélation forte entre l'enquêteur 2 et le quartier 6 (0,89), on peut penser que cela correspond plutôt à une corrélation entre le quartier 6 et le fait d'avoir un bac à laver, ce qui est confirmé (0,46). Il n'y a donc pas d'effet enquêteur 2.

Cependant, avant de retirer les variables enquêteurs du fait de l'existence de fortes corrélations avec les variables quartiers, il est nécessaire également de vérifier qu'il n'existe pas de corrélations entre les réponses de nature subjectives (opinions) qui pourraient être influencées par la manière dont les questions ont été posées par les enquêteurs.

Après analyse des corrélations entre les enquêteurs et les opinions sur la politique de la SDE, il semble qu'il existe uniquement une corrélation entre l'enquêteur 1 et le fait d'avoir une mauvaise opinion sur le nombre de branchement ordinaire (0,53), et, entre l'enquêteur 12 et le fait d'avoir une mauvaise opinion sur le nombre des branchements sociaux (0,65). Est-ce un effet enquêteur ou non ?

Une analyse de la corrélation montre qu'il existe une corrélation forte entre l'enquêteur 1 et le quartier 3 (0,83). Il se peut donc que cette corrélation soit plutôt une corrélation entre le quartier 3 et le fait d'avoir une mauvaise opinion sur le nombre de branchement ordinaire, ce qui est confirmé par le coefficient de corrélation entre ces deux variables (0,48).

De même, il existe une corrélation entre l'enquêteur 12 et les quartiers 2 et 6. Or, il existe une corrélation entre le quartier 2 et le fait d'avoir une mauvaise opinion sur le nombre des branchements sociaux (0,42).

Par conséquent, on peut affirmer qu'il n'existe pas *a priori* d'effet enquêteur sur les opinions des enquêtés.

En conclusion, puisqu'il n'existe pas d'effets enquêteurs sur les autres variables et puisqu'il existe une corrélation fréquente entre les quartiers du chef de ménage et les enquêteurs, les variables enquêteurs ne sont pas prises en compte dans les régressions finales.

Il existe une corrélation entre le fait d'avoir un évier et un lavabo (0,74). Quand la personne possède un évier, elle possède la plupart du temps un lavabo d'où l'introduction d'une nouvelle variable qui prend la valeur 1 lorsque le chef de ménage a un évier et un lavabo, 0 dans les autres cas. Dans la régression, c'est cette dernière variable qui sera utilisée.

Nous constatons l'existence d'une corrélation entre le quartier 8 et le fait d'avoir un lavabo (0,57) et entre le quartier 8 et le fait d'avoir un évier (0,69). Du fait de l'introduction de la variable précédente, le coefficient de corrélation entre cette nouvelle variable et le quartier 8 est calculé :

celui-ci est de 0,64. Il existe donc une corrélation entre le fait d'être dans le quartier 8 et le fait de posséder un lavabo et un évier. Ce phénomène est directement lié au quartier. En effet, il s'agit du quartier « riche » Mermoz. Tous les ménages de ce quartier sont raccordés au branchement privé puisque les maisons sont de construction récente et luxueuses. Les ménages habitant à Mermoz disposent d'un niveau de revenu élevé. C'est pourquoi, leur maison ont des équipements sanitaires très récents (évier, lavabo, etc.). On introduit alors une nouvelle variable qui prend la valeur 1 si le chef de ménage habite dans le quartier 8 et possède un évier et un lavabo, 0 dans les autres cas.

Nous observons une corrélation entre le fait que la maison ait des murs en bois et qu'elle se situe dans le quartier 9 (0,52). Il est vrai qu'il s'agit d'une caractéristique du quartier Ouakam d'avoir ce type d'habitat. On introduit alors une nouvelle variable qui prend la valeur 1 si le chef de ménage habite dans le quartier 9 et possède une maison dont les murs sont en bois, 0 dans les autres cas.

Il existe une corrélation entre le quartier 11 et le fait de penser que la politique de la SDE en terme de hausse des tarifs est moyenne (0,55). Il s'agit du quartier Autre pikine où la majorité des ménages sont « pauvres » et non raccordés. On comprend alors leur jugement vis-à-vis de la politique tarifaire menée par la SDE. Ceci justifie la création d'une nouvelle variable qui prend la valeur 1 si le chef de ménage habite le quartier 11 et qu'il pense que la politique de la SDE en terme de hausse des tarifs est moyenne, 0 dans les autres cas.

Nous constatons l'existence d'une corrélation entre le fait que le chef de ménage soit un homme et soit marié (0,52). Ceci justifie l'introduction d'une nouvelle variable qui prend la valeur 1 si le chef de ménage est un homme marié, 0 sinon.

De même, il existe également une corrélation entre le fait que le chef de ménage soit une femme et qu'elle soit veuve (-0,64). Ceci génère l'introduction d'une nouvelle variable qui prend la valeur 1 si le chef de ménage est une femme veuve, 0 sinon.

Les deux dernières nouvelles variables créées sont alors mises en remplacement des variables veuf, marié, célibataire et autres (les différentes modalités concernant le statut matrimonial).

Nous observons une corrélation entre le fait que lorsque le chef de ménage est une femme, elle travaille souvent dans le commerce (-0,53). C'est pourquoi, nous introduisons une nouvelle

variable prend la valeur 1 si le chef de ménage est une femme et si elle travaille dans le commerce, 0 sinon. Elle sera mis en alternance avec la nouvelle variable « femme veuve » afin d'éviter toute corrélation.

Il existe une corrélation entre le fait de savoir lire ou écrire et le fait d'être allé à l'école (0,70). Cette corrélation est logique. En effet, le fait d'aller à l'école augmente les chances de savoir lire et écrire. Il sera donc nécessaire d'introduire l'une ou l'autre de ces deux variables dans les régressions

Nous constatons une corrélation avec le fait d'avoir un mur en paille et l'ethnie Koniagui (0,71) (même remarque que pour l'ethnie Soce (0,71)). Cependant, ce calcul est fait sur peu d'observations. Par conséquent, cette corrélation n'est pas prise en compte.

Il existe une légère corrélation entre le nombre de pièce à usage d'habitation et la taille du ménage (0,49). Ce résultat est logique puisque plus il y a de personnes dans le ménage, plus la taille de l'habitation doit être grande. Il est donc nécessaire d'introduire l'une ou l'autre variable dans les régressions afin de déterminer celle donnant les meilleurs résultats.

Nous observons l'existence d'une corrélation entre le fait d'avoir une maison dont le toit est en paille et dont le matériau pour le mur n'est pas celui cité dans le questionnaire (paille, zinc, bois, crintin, banco, ciment) (0,71). Cependant, ce calcul est fait sur peu d'observations. Par conséquent, cette corrélation n'est pas prise en compte.

Il existe une corrélation entre le fait d'avoir un lavabo et des carreaux au sol (0,55). Il est nécessaire du fait de l'introduction de la nouvelle variable « lavabo-évier » de recalculer la corrélation entre le fait d'avoir un évier et un lavabo et le fait d'avoir des carreaux au sol : cette corrélation est de 0,49. Du fait du nombre peu important d'observations et de la valeur de la corrélation, nous ne corrigeons pas cette dernière.

Nous constatons qu'il existe une corrélation entre le fait d'avoir une maison dont les murs sont en bois et le toit en tôle (0,53). Ceci est une caractéristique fréquente de certaines maisons. Nous créons donc une variable qui prend la valeur 1 si la maison a un toit en tôle et un mur en bois, 0 dans les autres cas.

Une corrélation existe entre le fait d'avoir un nombre peu important de ménages dans la concession et le fait d'être propriétaire (-0,56). Inversement, il existe une corrélation entre le fait d'avoir un nombre important de personnes dans la concession et le fait d'être locataire (0,61).

Les chefs de ménages qui n'ont pas d'avis sur une question portant sur leur opinion sur la politique de la SDE en matière de branchements privés n'ont en général pas d'avis sur l'ensemble de ces questions. Ceci semble cohérent. Ces variables seront donc prises comme variables de référence dans le cas des variables d'opinion.

Les chefs de ménage ayant une mauvaise opinion sur la politique menée par la SDE en matière de hausse des prix ont majoritairement une mauvaise opinion sur la politique menée par la SDE sur les coûts de raccordement (0,52). Ceci semble cohérent. Une nouvelle variable est donc introduite dans le modèle : elle prend la valeur 1 si le chef de ménage a à la fois une mauvaise opinion sur la politique menée par la SDE en terme de hausse des prix et les coûts de raccordement, 0 dans les autres cas.

Les chefs de ménage ayant une bonne opinion sur la politique menée par la SDE en matière de branchements sociaux ont en majorité une bonne opinion sur la politique menée par la SDE en matière de branchements ordinaires (0,55). Ceci est également cohérent. Une nouvelle variable est donc introduite dans le modèle : elle prend la valeur 1 si le chef de ménage a à la fois une bonne opinion sur les branchements sociaux et ordinaires, 0 dans les autres cas.

Les chefs de ménages ayant un avis moyen sur les branchements sociaux pensent pour une grande partie la même chose pour les branchements ordinaires (0,57). Ceci est également cohérent. Une nouvelle variable est donc introduite dans le modèle : elle prend la valeur 1 si le chef de ménage a à la fois une opinion moyenne sur les branchements sociaux et ordinaires, 0 dans les autres cas.

**Annexe 5 : Modèle 2 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005). Second modèle avec restriction : l'étude des corrélations de Spearman entre les variables retenues (137 chefs de ménages)**

Tout d'abord, il existe une corrélation positive entre le fait d'avoir un évier et un lavabo (0,7). Par conséquent, comme dans le premier modèle, nous conservons la nouvelle variable qui prend la valeur 1 lorsque le chef de ménage a un évier et un lavabo, et la valeur 0 dans le cas inverse. Dans la régression, c'est cette dernière variable qui sera utilisée.

Deuxièmement, il existe une corrélation positive avec le fait d'avoir un mur en paille et d'appartenir à l'ethnie Koniagui (0,71) (même remarque pour l'ethnie Soce (0,71)).

Troisièmement, il existe une corrélation positive entre le fait d'appartenir à l'ethnie Koniagui et d'avoir un sol répertorié « autre » (0,49).

En prenant l'ethnie Koniagui comme ethnie de référence, les deux premières corrélations concernant cette ethnie ne pose plus problème.

En prenant comme référence pour les murs, ceux qui sont en paille, la corrélation avec l'ethnie Soce disparaît également et permet de conserver l'ethnie Soce dans l'analyse.

Quatrièmement, il existe une faible corrélation entre le fait d'avoir une maison dont les murs sont en bois et le toit en tôle (0,49). On crée alors une variable qui prend la valeur 1 si ces deux caractéristiques sont vérifiées et la valeur 0 dans le cas inverse.

Cinquièmement, il existe une corrélation entre le fait d'avoir une maison dont le toit est en paille et dont le matériau pour le mur n'est pas cité dans le questionnaire (paille, zinc, bois, crintin, banco, ciment) (0,70). En prenant le toit en paille comme référence, cette corrélation n'existe plus.

Sixièmement, il existe une corrélation entre le fait d'avoir un puisard et un bac à laver (0,45). Cependant, cette corrélation n'est pas très forte. Nous ne la prenons pas en compte.

Enfin, il existe une corrélation entre le fait d'être propriétaire et le nombre de pièces à usage d'habitation (0,47). Il existe également une très forte corrélation négative entre le fait d'être propriétaire et le fait d'être locataire. Ceci est logique. Par conséquent, pour contourner ces

dernières, la variable propriétaire est retirée de l'analyse et nous conservons comme variables, le nombre de pièces à usage d'habitation et la variable locataire.

**Annexe 6 : Modèle 3 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines par les ménages de Dakar (2005). Premier modèle sans restriction : l'étude des corrélations de Spearman entre les variables retenues (187 chefs de ménages)**

On observe tout d'abord des corrélations fréquentes entre les quartiers et les enquêteurs. Ces corrélations sont liées au fait que dans la plupart des cas, un ou deux quartiers au maximum était confié à l'enquêteur. Ces corrélations ne posent donc pas de problème.

On observe aussi une corrélation positive entre le fait que les chefs de ménage soient interrogés par l'enquêteur 3 et le fait qu'ils déclarent que le mode de paiement des bornes fontaines est flexible (0,49). Egalement, il existe une corrélation positive entre le fait que les chefs de ménage soient interrogés par cet enquêteur et le fait qu'ils déclarent que les prix à la borne fontaine soient variables (0,58). On pourrait éventuellement soupçonner un effet « enquêteur ». Mais il nous semble que cette corrélation ne pose pas de problème puisque les variables enquêteurs ne sont pas utilisées comme variables explicatives du phénomène étudié.

De même, il apparaît qu'une corrélation positive existe entre le fait que les chefs de ménage soient interrogés par l'enquêteur 14 et le fait qu'ils déclarent que la quantité d'eau aux bornes est faible (0,59). Cet enquêteur a majoritairement enquêté les ménages du quartier 5 (0,82). Et il existe une corrélation entre le fait d'habiter dans le quartier 5 et le fait que les chefs de ménage déclarent que la quantité d'eau aux bornes fontaines est faible (0,51). On pourrait supposer qu'il s'agit plus d'une caractéristique du quartier 5 (faibles quantités d'eau aux bornes fontaines du quartier 5). De plus, on constate aussi une corrélation positive entre le fait que les chefs de ménage soient interrogés par cet enquêteur et le fait qu'ils déclarent qu'un des inconvénients des bornes fontaines sont les coupures fréquentes (0,49). Or il existe aussi une corrélation entre le fait d'habiter dans le quartier 5 et cette réponse, corrélation faible mais existante quand même (0,43). On pourrait alors supposer qu'il s'agit plutôt d'une caractéristique du quartier 5 (coupures fréquentes aux bornes fontaines). Rappelons que le quartier 5 correspond à Hamdalaye 1. On décide de ne conserver que la variable quartier 5, c'est-à-dire qu'on élimine les variables coupures fréquentes et faible quantité d'eau (à cause des corrélations).

Le fait que le chef de ménage soit un homme et qu'il soit marié est positivement corrélé (0,52). On introduit alors une variable qui prend la valeur 1 si le chef de ménage est un homme marié, 0 sinon. De même, le fait qu'un chef de ménage soit une femme et qu'elle soit veuve est positivement corrélé. On introduit alors une nouvelle variable qui prend la valeur 1 si le chef de ménage est une femme veuve et 0, sinon. Ces deux nouvelles variables sont alors mises en remplacement des variables veuf, marié, célibataire et autres, correspondant aux différentes modalités du statut matrimonial, et en remplacement de la variable genre.

On observe que lorsque le chef de ménage est une femme, le fait qu'elle travaille dans le commerce est corrélé (-0,53). Cependant cette corrélation n'existe plus lorsqu'on prend la variable femme veuve (0,28).

Une corrélation existe aussi entre le fait de savoir lire ou écrire et le fait d'être allé à l'école (0,70), ce qui semble logique. En effet, le fait d'aller à l'école augmente les chances de savoir lire et écrire. Nous introduirons alors l'une ou l'autre de ces deux variables dans les régressions.

On observe une corrélation entre le fait que le chef de ménage soit un homme et le fait qu'il sache lire ou écrire (0,48). Cependant, cette corrélation n'existe pas entre le fait d'être un homme marié et de savoir lire (0,36).

Il existe une corrélation positive entre le fait que les chefs de ménage déclarent que la qualité de l'eau à la borne fontaine est mauvaise et le fait qu'ils déclarent qu'un des inconvénients de la borne fontaine est le caractère difficile du fontainier (0,49). *A priori*, il n'y a pas de lien direct. Nous ne prenons pas en compte la corrélation.

Nous constatons une corrélation entre le fait que les chefs de ménage déclarent que le prix de l'eau à la borne fontaine est acceptable et le fait qu'ils déclarent que le prix à la borne fontaine est élevé (-0,56). En effet, le ménage peut considérer le prix élevé mais tout de même acceptable. On observe le même phénomène pour toutes les variables avantages et inconvénients. On introduira dans les régressions soit l'une (prix élevé) soit l'autre (prix acceptable) en choisissant de conserver retenir la meilleure.

Nous observons aussi une corrélation entre le fait que les chefs de ménage déclarent que la distance à parcourir pour accéder à la borne fontaine est acceptable et le fait qu'ils déclarent que cette distance est élevée (-0,55). On testera les deux et on conservera la meilleure.

De même, il existe une corrélation entre le fait que les chefs de ménage déclarent que la borne fontaine est une perte de temps et le fait qu'ils déclarent que la distance à la borne fontaine est élevée (0,51) et, le fait qu'ils déclarent que le temps d'attente à la borne fontaine est long (0,45). On peut supposer que la perte de temps se décompose par le temps jugé trop long à la borne fontaine et par la distance à parcourir trop longue.

Pour prendre en compte ces deux dernières corrélations, nous avons testé deux alternatives dans les régressions. La première alternative consiste à conserver la variable « perte de temps » lors des traitements économétriques conjointement à la variable « distance acceptable » (peu de corrélation entre ces deux variables (-0,23)). La variable « distance à parcourir élevée » n'est alors pas prise en compte dans le modèle ainsi que la variable « temps d'attente trop long » puisque ce phénomène pourrait être pris en compte par la variable « peu d'attente ». La deuxième alternative consiste à ne prendre en compte que les variables « distance élevée » et « temps d'attente long ». Dans ce cas, les variables « distance acceptable », « perte de temps » et « peu d'attente » ne sont pas prises en compte.

### **Annexe 7 : Recherche des biais dans les réponses des ménages concernant leur opinion sur les avantages et inconvénients des bornes fontaines pour la construction du second modèle de la probabilité d'utiliser les bornes fontaines à Dakar (2005)**

#### **1) Recherche des biais sur les variables d'opinion concernant les avantages des bornes fontaines**

Tableau : Analyse de la variable « flexibilité du mode de paiement : abonnement » aux bornes fontaines

Effectif	Flexibilité du mode de paiement		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	88	9	97
Utilise la borne fontaine	66	21	87
Total	154	30	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que le mode de paiement des bornes fontaines est flexible (abonnement) lorsqu'ils utilisent ces dernières ( $21/87*100=24,1\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $9/97*100=9,3\%$ ). Cette information est donc vraisemblablement biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Par conséquent, cette variable est éliminée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « paiement journalier » aux bornes fontaines

Effectif	Paiement journalier		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	61	36	97
Utilise la borne fontaine	28	59	87
Total	89	95	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que le paiement journalier de l'eau aux bornes fontaines est un avantage lorsqu'ils utilisent ces dernières ( $59/87*100=67,9\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $36/97*100=37,1\%$ ). Cette information est donc vraisemblablement biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Par conséquent, cette variable est éliminée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « maîtrise de la consommation » de l'eau aux bornes fontaines

Effectif	Maîtrise de la consommation		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	33	64	97
Utilise la borne fontaine	16	71	87
Total	49	135	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que la maîtrise de la consommation d'eau est un avantage des bornes fontaines lorsqu'ils utilisent ces dernières ( $71/87*100=82\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $64/97*100=65,9\%$ ). Cette information est vraisemblablement biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Cette variable est éliminée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « qualité de l'eau acceptable » aux bornes fontaines

Effectif	Qualité de l'eau acceptable		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	63	34	97
Utilise la borne fontaine	37	50	87
Total	100	84	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que la qualité de l'eau est un avantage des bornes fontaines lorsqu'ils utilisent ces dernières ( $50/87*100=57,5\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $34/97*100=35,1\%$ ). Cette information est donc vraisemblablement biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Cette variable est éliminée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « distance acceptable » des bornes fontaines

Effectif	Distance acceptable		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	78	19	97
Utilise la borne fontaine	38	49	87
Total	116	68	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que la distance à la borne fontaine est acceptable lorsqu'ils utilisent les bornes fontaines ( $49/87*100=46\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $19/97*100=19,6\%$ ). Cette information est vraisemblablement biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Cette variable est éliminée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « heures d'ouverture facile » aux bornes fontaines

Effectif	Heures d'ouverture faciles		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	70	27	97
Utilise la borne fontaine	24	63	87
Total	94	90	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que les heures d'ouverture sont faciles lorsqu'ils utilisent les bornes fontaines ( $63/87*100=72,4\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $27/97*100=27,9\%$ ). Cette information est vraisemblablement biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Cette variable est éliminée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « peu d'attente » aux bornes fontaines

Effectif	Peu d'attente		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	73	24	97
Utilise la borne fontaine	51	36	87
Total	124	60	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent qu'il y a peu d'attente à la borne fontaine lorsqu'ils utilisent cette dernière ( $36/87*100=41,2\%$ ) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas ( $24/97*100=24,7\%$ ). Cette information est sûrement biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Cette variable est éliminée pour le second modèle.

Pour résumer, toutes les variables d'opinion relatives aux avantages liés à l'approvisionnement en eau aux bornes fontaines apparaissent biaisées par le fait que les ménages les utilisent. Elles sont toutes éliminées pour le second modèle.

## 2) Recherche des biais sur les variables d'opinion concernant les inconvénients des bornes fontaines

Tableau : Analyse de la variable « prix élevé » aux bornes fontaines

Effectif	Prix élevé		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	50	47	97
Utilise la borne fontaine	35	52	87
Total	85	99	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que le prix de l'eau est élevé à la borne fontaine lorsqu'ils utilisent cette dernière ( $52/87*100=59,8\%$ ) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas ( $47/97*100=48,5\%$ ). Cette information est sûrement biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Cette variable est éliminée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « prix variable » aux bornes fontaines

Effectif	Prix variable		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	80	17	97
Utilise la borne fontaine	73	14	87
Total	153	31	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que le prix de l'eau à la borne fontaine est variable lorsqu'ils utilisent les bornes fontaines ( $14/87*100=16,1\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $17/97*100=17,5\%$ ). Cependant, cette différence est très faible. Nous conservons cette variable pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « distance à la borne fontaine élevée »

Effectif	Distance à la borne fontaine élevée		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	54	43	97
Utilise la borne fontaine	54	33	87
Total	108	76	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que la distance à la borne fontaine est élevée lorsqu'ils utilisent les bornes fontaines ( $33/87*100=37,9\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $43/97*100=44,3\%$ ). Cette différence est très faible, on décide alors de conserver cette variable pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « perte de temps » aux bornes fontaines

Effectif	Perte de temps		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	43	54	97
Utilise la borne fontaine	37	50	87
Total	80	104	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que le fait d'aller à la borne fontaine est une perte de temps lorsqu'ils utilisent ces dernières ( $50/87*100=57,5\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $54/97*100=55,6\%$ ).

Cette différence est très faible. Par conséquent, nous conservons cette variable pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « faible quantité d'eau » aux bornes fontaines

Effectif	Faible quantité d'eau		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	94	3	97
Utilise la borne fontaine	69	18	87
Total	163	21	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent qu'il y a de faibles quantités d'eau à la borne fontaines ( $18/87*100=20,1\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $3/97*100=3\%$ ). Cette information est vraisemblablement biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Cette variable est éliminée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « coupures fréquentes » aux bornes fontaines

Effectif	Coupures fréquentes		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	89	8	97
Utilise la borne fontaine	59	28	87
Total	148	36	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que les coupures fréquentes d'eau sont un inconvénient des bornes fontaines lorsqu'ils les utilisent ( $28/87*100=32,2\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $8/97*100=8,2\%$ ). Cette information est donc biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Les chefs de ménages connaissent mieux les problèmes de coupures d'eau inhérents à l'utilisation de ce mode d'approvisionnement que ceux qui ne les utilisent pas. Cette variable est éliminée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « faible pression » aux bornes fontaines

Effectif	Faible pression		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	87	10	97
Utilise la borne fontaine	69	18	87
Total	156	28	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent qu'il y a des problèmes de pression d'eau aux bornes fontaines lorsqu'ils utilisent ces dernières ( $18/87*100=20,7\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $10/97*100=10,3\%$ ). Cette information est vraisemblablement biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Cette variable est éliminée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « caractère difficile des fontainiers » aux bornes fontaines

Effectif	Caractère difficile des fontainiers		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	80	17	97
Utilise la borne fontaine	68	19	87
Total	148	36	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que le caractère difficile du fontainier est un inconvénient lorsque ceux-ci utilisent les bornes fontaines ( $19/87*100=21,8\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $17/97*100=17,5\%$ ). Cependant, cette différence est faible. Nous conservons cette variable pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « hygiène et environnement » aux bornes fontaines

Effectif	Hygiène et environnement		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	50	47	97
Utilise la borne fontaine	48	39	87
Total	98	86	184

Les chefs de ménages déclarent moins souvent qu'il existe un problème d'hygiène lorsqu'ils utilisent les bornes fontaines ( $39/87*100=44,8\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $47/97*100=48,4\%$ ). Cette différence étant faible, cette variable est alors conservée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « mauvaise qualité de l'eau » aux bornes fontaines

Effectif	Mauvaise qualité de l'eau		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	73	24	97
Utilise la borne fontaine	60	27	87
Total	133	51	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que la qualité de l'eau à la borne fontaine est mauvaise lorsqu'ils utilisent les bornes fontaines ( $27/87*100=31\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $24/97*100=24,5\%$ ). Cependant, cette différence est faible. Cette variable est conservée pour le second modèle.

Tableau : Analyse de la variable « temps d'attente long » aux bornes fontaines

Effectif	Temps d'attente long		Total
	Non	Oui	
N'utilise pas la borne fontaine	56	41	97
Utilise la borne fontaine	40	47	87
Total	96	88	184

Les chefs de ménages déclarent plus souvent que le temps d'attente long à la borne fontaine est un inconvénient lorsqu'ils utilisent cette dernière ( $47/87*100=54\%$ ) que lorsqu'ils ne les utilisent pas ( $41/97*100=42,2\%$ ). Cette information est donc biaisée par le fait qu'ils utilisent les bornes fontaines. Ils connaissent mieux les problèmes de coupures d'eau liés à ce mode que ceux qui ne les utilisent pas. Cette variable est éliminée pour le second modèle.

**Annexe 8 : Modèle 4 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines par les ménages de Dakar (2005). Second modèle avec restriction : l'étude des corrélations de Spearman entre les variables retenues (187 chefs de ménages)**

Tout d'abord, on observe les mêmes corrélations entre les quartiers et les enquêteurs que dans le premier modèle. Ces corrélations sont toujours liées au fait que dans la plupart des cas, l'enquêteur avait un quartier (ou deux maximum) comme zone d'enquête. Donc, ces corrélations ne posent toujours pas de problèmes.

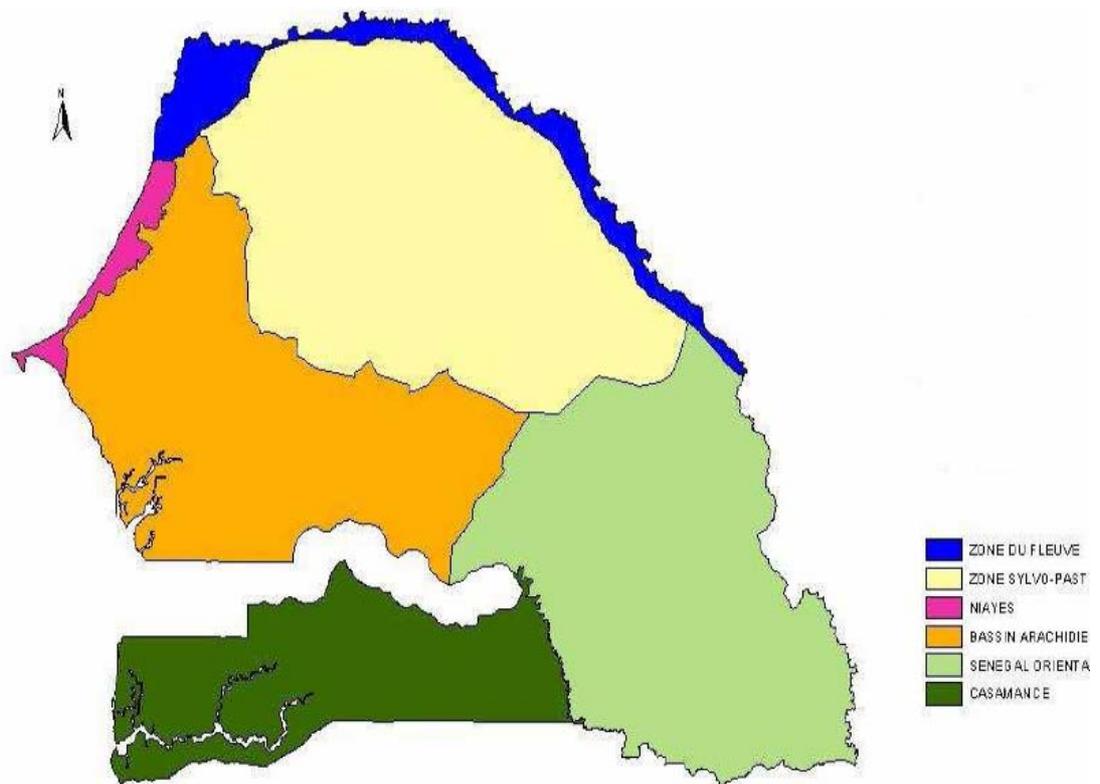
Du fait des mêmes corrélations observées que dans le premier modèle, on conserve les nouvelles variables homme marié et femme veuve.

Comme dans le premier modèle, nous testons soit la variable « être allé à l'école » soit « savoir lire ou écrire » puisqu'elles sont corrélées.

De même, nous retrouvons la corrélation positive entre le fait que les chefs de ménages déclarent que la borne fontaine est une perte de temps et le fait qu'ils déclarent que la distance à la borne fontaine est élevée (0,51). Nous testons alternativement ces deux variables dans le modèle.

Enfin comme dans le premier modèle, nous ignorons la corrélation entre le fait que les chefs de ménages déclarent que la qualité de l'eau à la borne est mauvaise et le fait qu'ils déclarent qu'un des inconvénients de la borne fontaine est le caractère difficile du fontainier (0,49), puisque cette corrélation n'a pas de sens.

### Annexe 9 : Carte des principales zones agro-écologiques du Sénégal (typologie ménages)



Source : Cabral (2005)

**Annexe 10 : Volumes de consommation d'eau par régions du Sénégal, SDE (2003)**

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé >15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
Plateau	9 116	2 927 257	833	626 427	80	171 119
Grand-Dakar	7 462	2 448 193	361	225 512	31	51 740
Liberté	14 929	4 087 410	145	112 763	4	7 896
Front de terre	13 008	3 135 552	152	166 715	74	117 134
Grand Yoff	18 519	4 694 636	87	99 413	59	61 368
<b>Total DAKAR 1</b>	<b>63 034</b>	<b>17 293 048</b>	<b>1 578</b>	<b>1 230 830</b>	<b>248</b>	<b>409 257</b>

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé > 15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
Guediawaye 2	14 369	2 060 662	1	249	127	110 729
Pikine	10 082	2 045 772	24	6 096	50	40 706
Guediawaye 1	12 761	2 307 538	12	4 657	47	31 100
Parcelles assainies	20 146	4 689 035	18	8 493	56	65 224
Thiaroye	27 639	4 023 283	10	4 430	349	445 787
<b>Total Dakar 2</b>	<b>84 997</b>	<b>15 126 290</b>	<b>65</b>	<b>23 925</b>	<b>629</b>	<b>693 546</b>

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé > 15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
Rufisque	14 639	2 271 923	35	16 298	160	213 514
Sebikotane	1 527	185 653	4	6 284	69	130 152
Bambilor	1 181	151 218	5	3 462	52	114 183
Bargny	3 423	462 602	3	1 527	69	104 513
<b>Total Rufisque</b>	<b>20 770</b>	<b>3 071 396</b>	<b>47</b>	<b>27 571</b>	<b>350</b>	<b>562 362</b>

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé > 15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
Ziguinchor	5 520	749 711	7	3 626	40	15 185
Bignona	911	110 623	1	45	5	1 842
Oussouye	388	28 533	0	0	3	429
Kolda	1 641	194 598	0	0	6	2 081
Sedhiou	544	64 107	0	0	10	4 695
Velingara	913	98 561	0	0	19	5 085
<b>Total Ziguinchor</b>	<b>9 917</b>	<b>1 246 133</b>	<b>8</b>	<b>3 671</b>	<b>83</b>	<b>29 317</b>

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé > 15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
Saint-Louis	13 137	1 937 923	17	4 965	95	93 468
Ndiouck-Sall	885	117 773	1	242	220	150 926
Richard-Toll	2 459	292 417	0	0	60	27 492
Dagana	1 060	120 315	0	0	27	12 244
Podor	927	103 168	1	131	7	1 808
Matam	703	102 173	0	0	22	15 875
Rosso	453	58 604	0	0	19	13 839
Ndioum	471	52 160	0	0	18	15 692
<b>Total Saint-Louis</b>	<b>20 095</b>	<b>2 784 533</b>	<b>19</b>	<b>5 338</b>	<b>468</b>	<b>331 344</b>

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé > 15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
Diourbel	7 069	1 036 633	7	1 840	86	58 702
Mbacke	3 939	594 645	0	0	46	75 654
Bambey	1 804	227 126	0	0	27	19 340
<b>Total Diourbel</b>	<b>12 812</b>	<b>1 858 404</b>	<b>7</b>	<b>1 840</b>	<b>159</b>	<b>153 696</b>

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé > 15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
Koungheul	976	124 787	0	0	24	16 413
Diakhao	189	20 973	0	0	27	15 229
Kaolack	13 075	2 224 344	37	11 608	286	355 041
Fatick	1 935	254 665	0	64	20	9 954
Nioro du rip	785	106 673	1	400	23	25 118
Sokone	534	55 452	1	351	16	5 953
Guinguineo	930	122 187	0	0	30	22 027
Ndoffane	464	62 913	1	30	17	20 430
Foundiougne	499	71 902	2	1 354	5	2 988
Kaffrine	1 249	196 233	0	0	39	96 052
Gossas	534	77 513	1	21	22	31 354
<b>Total Kaolack</b>	<b>21 170</b>	<b>3 317 642</b>	<b>5</b>	<b>2 988</b>	<b>509</b>	<b>600 559</b>

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé > 15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
Pire	587	86 523	0	1 885	46	34 280
Thiès 2	8 142	1 192 791	16	7 145	71	96 535
Thiès 1	10 346	1 694 279	8	15 507	69	79 285
Tivaouane	4 007	606 371	5	7 964	142	185 846
Pout	1 193	156 504	0	0	62	129 571
Mbour	10 178	1 772 175	8	9 401	140	260 164
Khombole	805	110 665	0	0	22	16 306
Joal	1 410	231 299	3	2 164	45	78 770
Meckhe	1 664	243 400	0	585	81	84 474
Thiadiaye	329	49 045	0	0	12	12 467
Saly	690	190 595	1	308	9	10 632
Somone	1 032	257 635	3	5 878	13	15 137
Fadhiouth	745	38 709	0	0	0	0
Popenguine	352	43 757	2	4 665	12	18 258
<b>Total Thiès</b>	<b>41 480</b>	<b>6 673 748</b>	<b>46</b>	<b>55 502</b>	<b>724</b>	<b>1 021 725</b>

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé > 15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
Louga	7 763	1 290 105	2	887	49	44 660
Gueoul	639	98 235	0	0	28	20 258
Ndande	751	117 214	0	0	72	66 057
Linguere	1 133	141 688	1	157	19	19 362
Dahra	1 696	239 402	0	0	48	71 522
Kebemer	1 539	251 301	1	729	23	26 773
Ngnith	1 031	172 540	0	0	123	174 479
<b>Total Louga</b>	<b>14 552</b>	<b>2 310 485</b>	<b>4</b>	<b>1 773</b>	<b>362</b>	<b>423 111</b>

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé > 15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
Tambacounda	2 951	436 827	4	1 411	35	34 625
Bakel	889	137 070	0	0	16	8 937
Kedougou	653	73 337	2	269	9	14 947
<b>Total Tamba</b>	<b>4 493</b>	<b>647 234</b>	<b>6</b>	<b>1 680</b>	<b>60</b>	<b>58 509</b>

Libellé centre	Branchement Privé 15 mm		Branchement Privé > 15 mm		Bornes-fontaines	
	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3	Nombre	Volume m3
<b>Total SDE (2003)</b>	<b>293 320</b>	<b>54 328 913</b>	<b>1 785</b>	<b>1 355 118</b>	<b>3 589</b>	<b>4 283 426</b>

Source : SDE (2003)

## Annexe 11 : Les variables, paramètres et ensembles de SENEAU statique

### 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

$r_1$  : Taux de rendement du capital dans les secteurs agricoles AGR

$r_2$  : Taux de rendement du capital dans les secteurs non agricoles NAG

$r_T$  : 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 (marché intérieur et exportations)

$PV_i$  : 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)

$un$  : Taux de chômage

$KD_{TR}$  : Demande de capital par les secteurs 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 (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)

## **Les Variables exogènes**

$DIV_H$  : Intérêts et dividendes versés par les entreprises aux ménages de la catégorie H

$G$  : Consommation publique (valeur)

$LS$  : Offre totale de travail

$KS_1$  : Offre totale de capital dans les secteurs agricoles

$KS_2$  : Offre totale de capital dans les secteurs non agricoles

$TS$  : 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

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

$Pwe_{TRX}$  : Prix des exportations libellé en devises TRX  
 $SR$  : Déficit courant de la balance des paiements extérieurs  
 $e$  : Taux de change extérieur nominal

## 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  
 $\alpha_{TRX}^m$  : Paramètre distributif de la fonction de substitution commerciale relatif au volume importé de produit TRX  
 $\sigma_{TRX}^m$  : Elasticité de substitution commerciale du produit TRX  
 $\rho_{TRX}^m$  : Paramètre de la fonction  $\rho^m$  de substitution commerciale de produit TRX  
 $B_{TRX}^e$  : Constante de niveau de la fonction de transformation commerciale  
 $\beta_{TRX}^e$  : Paramètre distributif de la fonction de transformation commerciale relatif au volume exporté de produit TRX  
 $\tau_{TRX}^e$  : Elasticité de transformation commerciale du produit TRX  
 $\kappa_{TRX}^e$  : Paramètre  $\kappa^e$  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  
 $A_{IRG}^{KLE}$  : 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  
 $\alpha_{WAT}^{KL}$  : 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)  
 $\alpha_{WAT}^{KLE}$  : Elasticité de la fonction de production Cobb-douglas de la production d'eau potable (part du facteur composite)

$\alpha_i$  : La part du facteur capital dans la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutée des secteurs I

$\beta_{WAT}^{kl}$  : Elasticité de la fonction de production Cobb-douglas du facteur composite KL dans le secteur WAT (part du capital)

$\beta_{TR}$  : Part du facteur travail dans la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutée des branches TR

$\chi_{IRG}$  : 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

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

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

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

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

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

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

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

$\lambda_{re}$  : Part des revenus du capital reçus par les entreprises

$\lambda_{row}$  : Part des revenus du capital versés au reste du monde

$\phi_H$  : Propension à épargner du ménage H

$\mu_{TR}$  : Part en valeur du produit TR dans l'investissement total

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

### 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 12 : Code GAMS de SENEAU statique

\$TITLE MODEL SENEAU statique  
\$TITLE PETITE ECONOMIE AVEC GOUVERNEMENT

\*=====CALIBRAGE=====\*

SET I sectors / RI Riz irrigue  
RP Riz pluvial  
MA Maraichage  
PEC Peche  
AA Autre agriculture  
IIE Industrie intensive en eau  
INIE Industrie non intensive en eau  
EG Energie  
PE Production eau d'eau potable par SONES  
BP Distribution d'eau potable par branchement prive SDE  
BF Distribution d'eau potable par 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(I) Sauf PE / RI Riz irrigue  
RP Riz pluvial  
MA Maraichage  
PEC Peche  
AA Autre agriculture  
IIE Industrie intensive en eau  
INIE Industrie non intensive en eau  
EG Energie  
BP Distribution d'eau potable par branchement prive SDE  
BF Distribution d'eau potable par 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 /

TR(I) Tradable / RI Riz irrigue  
RP Riz pluvial  
MA Maraichage  
PEC Peche  
AA Autre agriculture  
IIE Industrie intensive en eau  
INIE Industrie non intensive en eau  
EG Energie  
PE Production d'eau potable  
BP Distribution d'eau potable par branchement prive SDE  
BF Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE  
DIE Distribution informelle d'eau potable  
SMIE Services marchands intensifs en eau  
SMNIE Services marchands non intensifs en eau /

TRK(K) Trad sauf PE / RI Riz irrigue  
RP Riz pluvial  
MA Maraichage  
PEC Peche  
AA Autre agriculture  
IIE Industrie intensive en eau  
INIE Industrie non intensive en eau  
EG Energie  
BP Distribution d'eau potable par branchement prive SDE  
BF Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE  
DIE Distribution informelle d'eau potable  
SMIE Services marchands intensifs en eau  
SMNIE Services marchands non intensifs en eau /

NTR(I) Non trad / SNM Services non marchands /

NTRK(K) / SNM Services non marchands /

TRX(TR) Imp Exp	/	RI	Riz irrigue
		MA	Maraichage
		PEC	Peche
		AA	Autre agriculture
		IIE	Industrie intensive en eau
		INIE	Industrie non intensive en eau
		SMIE	Services marchands intensifs en eau
		SMNIE	Services marchands non intensifs en eau /
TRXK(TRK) Imp Exp	/	RI	Riz irrigue
		MA	Maraichage
		PEC	Peche
		AA	Autre agriculture
		IIE	Industrie intensive en eau
		INIE	Industrie non intensive en eau
		SMIE	Services marchands intensifs en eau
		SMNIE	Services marchands non intensifs en eau /
NTRX(TR) Non I E	/	RP	Riz pluvial
		EG	Energie
		PE	Production d'eau potable par SONES
		BP	Distribution d'eau potable par branchement prive SDE
		BF	Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE
		DIE	Distribution informelle d'eau potable /
NTRXK(TRK) Non I E	/	RP	Riz pluvial
		EG	Energie
		BP	Distribution d'eau potable par branchement prive SDE
		BF	Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE
		DIE	Distribution informelle d'eau potable /
AGR(TR) Agricult	/	RI	Riz irrigue
		RP	Riz pluvial
		MA	Maraichage
		AA	Autre agriculture /
NAG(TR) Non agri	/	PEC	Peche
		IIE	Industrie intensive en eau
		INIE	Industrie non intensive en eau
		EG	Energie
		PE	Production d'eau potable par SONES
		BP	Distribution d'eau potable par branchement prive SDE
		BF	Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE
		DIE	Distribution informelle d'eau potable
		SMIE	Services marchands intensifs en eau
		SMNIE	Services marchands non intensifs en eau /
IRG(AGR) Ag eau	/	RI	Riz irrigue /
NIRG(AGR) Non I	/	RP	Riz pluvial
		MA	Maraichage
		AA	Autre agriculture /
WAT(NAG) Eau p	/	PE	Production d'eau potable par SONES /
NWAT(NAG) Non E	/	PEC	Peche
		IIE	Industrie intensive en eau
		INIE	Industrie non intensive en eau
		EG	Energie
		BP	Distribution d'eau potable par branchement prive SDE
		BF	Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE
		DIE	Distribution informelle d'eau potable
		SMIE	Services marchands intensifs en eau
		SMNIE	Services marchands non intensifs en eau /
EAU(TR) FE	/	RI	Riz irrigue
		PE	Production d'eau potable par SONES /

GOOD(TR) Goods / RI Riz irrigue  
 RP Riz pluvial  
 MA Maraichage  
 PEC Peche  
 AA Autre agriculture  
 IIE Industrie intensive en eau  
 INIE Industrie non intensive en eau  
 EG Energie  
 PE Production d'eau potable par SONES  
 BP Distribution d'eau potable par branchement prive SDE  
 BF Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE  
 DIE Distribution informelle d'eau potable /

H Households / Dakar Dakar  
 ACU Autres Centres Urbains  
 BA Bassin arachidier  
 NIAY Niayes  
 CASA Casamance  
 ZSP Zone sylvopastorale  
 SO Senegal oriental  
 FLEUV Fleuve /

URB(H) Urban / Dakar Dakar  
 ACU Autres Centres Urbains /

RUR(H) Rural / BA Bassin arachidier  
 NIAY Niayes  
 CASA Casamance  
 ZSP Zone sylvopastorale  
 SO Senegal oriental  
 FLEUV Fleuve /

ALIAS (I,J)  
 ALIAS (K,KJ)  
 ALIAS (TR,TRJ)  
 ALIAS (TRK,TRKJ)  
 ALIAS (AGR,AGRJ)  
 ALIAS (NAG,NAGJ)  
 ALIAS (IRG,IRGJ)  
 ALIAS (NIRG,NIRGJ)  
 ALIAS (WAT,WATJ)  
 ALIAS (NWAT,NWATJ)  
 ALIAS (TRX,TRXJ)  
 ALIAS (TRXK,TRXKJ)  
 ALIAS (NTRX,NTRXJ)  
 ALIAS (NTRXK,NTRXKJ)  
 ALIAS (H,HJ)  
 ;

\*----- Definition des parametres-----\*

PARAMETER

\*\*\*\*\*Parametres chomage\*\*\*\*\*

ee desutilite de l'effort  
 bb probabilite d'etre renvoye  
 qq probabilite de detection de tir au flanc  
 rr taux d'escompte  
 uno taux de chomage (variable)

\*\*\*\*\*

s(WAT) Parametre d'echelle mesurant les rendements croissants dans le secteur de production d'eau WAT

A\_m(TRX) Constante de niveau de la fonction de substitution commerciale  
 B\_e(TRX) Constante de niveau de la fonction de transformation commerciale  
 A\_KL(NWAT) Parametre d'echelle de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs NWAT  
 A\_KL1(WAT) Parametre d'echelle de la fonction de production Cobb douglas du facteur composite KL du secteur WAT  
 A\_KLT(NIRG) Parametre d'echelle de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs NIRG  
 A\_KLE(WAT) Parametre d'echelle de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs WAT  
 A\_KLTE(IRG) Parametre d'echelle de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs IRG  
 A(NTRK) Parametre d'echelle de la fonction de production de la valeur ajoutee des services non marchands  
 alpha\_m(TRX) Parametre distributif de la fonction de substitution commerciale des produits TRX  
 beta\_e(TRX) Parametre distributif de la fonction de transformation commerciale des produits TRX  
 sigma\_m(TRX) Elasticite de substitution commerciale des produits TRX  
 tau\_e(TRX) Elasticite de transformation commerciale des produits TRX

rho_m(TRX)	Parametre de la fonction de substitution commerciale des produits TRX
kappa_e(TRX)	Parametre de la fonction de transformation commerciale des produits TRX
alpha(I)	Elasticite de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs I (part du travail)
alpha_KL(WAT)	Elasticite de la fonction de production Cobb douglas du facteur composite KL dans le secteur WAT (part du travail)
beta(TR)	Elasticite de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs TR (part du capital)
beta_KL(WAT)	Elasticite de la fonction de production Cobb douglas du facteur composite KL dans le secteur WAT (part du capital)
sigma(WAT)	Elasticite de la fonction de production Cobb douglas de la production d'eau potable (part de l'eau primaire)
alpha_KLE(WAT)	Elasticite de la fonction de production Cobb douglas de la production d'eau potable (part du composite KL)
khi(IRG)	Elasticite de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee du secteur IRG (part de la terre)
aij(TR,K)	Volume de l'intrant intermediaire TR par unite de demande intermediaire de la branche J
io(K)	Volume d'intrants intermediaires necessaire a la production d'une unite du produit I
v(K)	Coefficient de valeur ajoutee de la branche J
tx(TR)	Taux d'imposition indirecte interieure sur le produit TR
tm(TRX)	Taux d'imposition indirecte douaniere sur le produit TRX
ty(H)	Taux d'imposition directe du revenu des menages H
tye	Taux d'imposition directe du revenu des entreprises
gamma(TR,H)	Propension marginale discretionnaire a consommer du produit TR (LES)par le menage H
YELAS(TR,H)	Elasticite revenu du bien TR du menage H
V_MIN(H)	Valeur de la consommation minimale (temp variable)du menage H
C_MIN(TR,H)	Niveau de consommation minimum de bien TR dans la fonction LES du menage H
FRISCH(H)	Parametre de Frisch (fonction de consommation LES)du menage H
lambda_w(H)	Part des revenus du travail recus par les menages de la categorie H
lambda_r(H)	Part des revenus du capital recus par les menages de la categorie H
lambda_l(H)	Part des revenus de la terre recus par les menages de la categorie H
lambda_re	Part des revenus du capital recus par les entreprises
lambda_row	Part des revenus du capital verses au reste du monde
lambda1_wat	Part des revenus de l'eau primaire recus par le gouvernement
lambda2_wat(H)	Part des revenus de l'eau primaire recus par les menages
psi(H)	Propension a epargner du menage H
mu(TR)	Part en valeur du produit TR dans l'investissement total
delta(I)	Part de la valeur ajoutee de la branche J dans le PIB au cout des facteurs a la situation de reference

\*-----variables de l'annee de base-----\*

\* variables eau

SUBO(WAT)	Subvention eau
KLO(WAT)	Facteur composite capital travail KL dans le secteur WAT
PKLO	Prix du facteur composite capital travail KL dans le secteur WAT
CMO(WAT)	Cout moyen de production d'eau potable dans le secteur WAT
Cm1o(WAT)	Cout marginal de production d'eau potable dans le secteur WAT
CTO(WAT)	Cout total de production d'eau potable WAT

\* prix

wo	Taux de salaire
r1o	Taux de remuneration du capital dans les secteurs agricoles
r2o	Taux de remuneration du capital dans les autres secteurs
rto	Taux de remuneration de la terre dans le secteur agricole
re1o	Taux de remuneration de l'eau primaire dans la production d'eau potable
re2o	Taux de remuneration de l'eau primaire dans le riz irrigue
PO(I)	Prix au producteur sur l'ensemble de ses ventes de la branche J
PVO(I)	Prix de la valeur ajoutee de la branche J
PDO(TR)	Prix de marche du produit local TR vendu sur le marche interieur
PLO(TR)	Prix recu par le producteur pour ses ventes du produit TR sur le marche interieur
PCO(TR)	Prix de marche du produit composite TR
PEO(TRX)	Prix recu par le producteur a l'exportation du produit TRX
PMO(TRX)	Prix interieur de marche du produit importe TRX
PWMO(TRX)	Prix international en devises du produit importe TRX
PWEO(TRX)	Prix des exportations libelle en devises du produit TRX
PINDEXO	Indice du prix du PIB au cout des facteurs
eo	Taux de change exterieur nominal

\* production

XSO(I)	Production totale de la branche J
VAO(I)	Valeur ajoutee de la branche J
DIO(TR,K)	Demande intermediaire de produit I par la branche J
CIO(K)	Consommation intermediaire totale de la branche J

\* facteurs

KS1O	Offre totale de capital dans les secteurs agricoles
KS2O	Offre totale de capital dans les autres secteurs
KDO(TR)	Demande de capital dans le secteur TR
TSO	Offre totale de terre

TDO(AGR) Demande de terre dans le secteur agricole AGR  
 LSO Offre totale de travail  
 LDO(I) Demande travail dans la branche J  
 ED1O(WAT) Demande d'eau primaire du secteur WAT utilisant l'eau primaire  
 ED2O(IRG) Demande d'eau primaire du secteur IRG utilisant l'eau primaire

\* demande

CO(TR,H) Consommation du menage H du produit TR  
 CTMO(H) Consommation totale des menages H  
 INVO(TR) Demande d'investissement en produit TR (volume)  
 ITO Investissement total  
 GO Consommation publique  
 DITO(TR) Demande intermediaire totale en produit TR  
 DO(TR) Ventes locales du produit TR  
 QO(TR) Offre totale de produit TR

\* commerce exterieur

MO(TRX) Importations du produit TRX  
 EXO(TRX) Exportations du produit TRX  
 SRO Deficit courant de la balance des paiements exterieurs

\* revenus et epargnes

YMO(H) Revenu des menages H  
 YDMO(H) Revenu disponible des menages H  
 YEO Revenu des entreprises  
 YGO Recettes courantes totales du gouvernement  
 SMO(H) Epargne des menages H  
 SEO Epargne des entreprises  
 SGO Epargne du gouvernement  
 DIVO(H) Interets et dividendes verses par les entreprises aux menages H  
 TEWO Interets et dividendes verses par les entreprises au reste du monde  
 TGMO(H) Transferts du gouvernement aux menages H  
 TGWO Transferts du gouvernement au reste du monde  
 TWMO(H) Transferts du reste du monde aux menages H  
 RTFO(H,HJ) Transferts intermenages  
 TWGO Transferts du reste du monde au gouvernement  
 TIO(TR) Impots indirects grevant la production de la branche TR  
 TIMO(TRX) Recettes douanieres a l'importation du produit TRX (droits de douane)  
 TDMO(H) Imposition directe du revenu des menages H  
 TDEO Imposition directe du revenu des entreprises

\*-----La matrice de comptabilite sociale-----\*

\*-----Assignment des variables-----\*

XSO(I) = DP("XSO",I);  
 VAO(I) = DP("VAO",I);  
 LDO(I) = DP("LDO",I);  
 KDO(TR) = DP("KDO",TR);  
 TDO(AGR) = DP("TDO",AGR);  
 ED1O("PE") = DP("ED1O","PE");  
 ED2O("RI") = DP("ED2O","RI");  
 KLO("PE") = DP("KLO","PE");  
 INVO(TR) = DP("INVO",TR);  
 EXO(TRX) = DP("EXO",TRX);  
 DO(TR) = DP("DO",TR);  
 MO(TRX) = DP("MO",TRX);  
 QO(TR) = DP("QO",TR);  
 PO(I) = DP("PO",I);  
 PLO(TR) = DP("PLO",TR);  
 PWMO(TRX) = DP("PWMO",TRX);  
 PEO(TRX) = DP("PEO",TRX);  
 TIMO(TRX) = DP("TIMO",TRX);  
 TIO(TR) = DP("TIO",TR);  
 TDMO(H) = HOUSEHOLDS("TDMO",H);  
 YMO(H) = HOUSEHOLDS("YMO",H);  
 SMO(H) = HOUSEHOLDS("SMO",H);  
 lambda\_w(H) = HOUSEHOLDS("lambda\_w",H);  
 lambda\_r(H) = HOUSEHOLDS("lambda\_r",H);  
 lambda\_l(H) = HOUSEHOLDS("lambda\_l",H);  
 lambda2\_wat(H) = HOUSEHOLDS("lambda2\_wat",H);  
 TGMO(H) = HOUSEHOLDS("TGMO",H);  
 DIVO(H) = HOUSEHOLDS("DIVO",H);

FRISCH(H) = HOUSEHOLDS("FRISCH",H);  
 TWMO(H) = HOUSEHOLDS("TWMO",H);  
 sigma\_m(TRX) = DP("sigma\_m",TRX);  
 tau\_e(TRX) = DP("tau\_e",TRX);  
 s("PE") = DP("s","PE");  
 ;

\* calcul des taux

ee = 1/(1+((bb/uno)+rr)/qq) ;

\* Taux de taxes

tx(TRX) = TIO(TRX)/(DO(TRX)+MO(TRX)+TIMO(TRX)) ;  
 tx(NTRX) = TIO(NTRX)/DO(NTRX) ;

ty(H) = TDMO(H)/YMO(H) ;  
 tye = TDEO/YEO ;  
 tm(TRX) = TIMO(TRX)/MO(TRX) ;

\* Prix

PDO(TRX) = ( (1+tx(TRX))\*PO(TRX)\*XSO(TRX) - EXO(TRX)\*PEO(TRX) ) / DO(TRX) ;  
 PDO(NTRX) = ( (1+tx(NTRX))\*PO(NTRX)\*XSO(NTRX) ) / DO(NTRX) ;

PMO(TRX) = PWMO(TRX)\*(1+tx(TRX))\*(1+tm(TRX))\*eo ;

PWEO(TRX) = PEO(TRX)/eo ;

PCO(TRX) = (PDO(TRX)\*DO(TRX)+PMO(TRX)\*MO(TRX)) / QO(TRX) ;  
 PCO(NTRX) = (PDO(NTRX)\*DO(NTRX)) / QO(NTRX) ;

\* Variables en volume

LDO(I) = LDO(I)/wo;  
 KDO(AGR) = KDO(AGR)/r1o;  
 KDO(NAG) = KDO(NAG)/r2o;  
 TDO(AGR) = TDO(AGR)/rto;  
 KLO(WAT) = KLO(WAT)/PKLO;  
 ED1O("PE") = ED1O("PE")/re1o;  
 ED2O("RI") = ED2O("RI")/re2o;  
 XSO(I) = XSO(I)/PO(I);  
 DIO(TR,K) = DIO(TR,K)/PCO(TR);  
 CO(TR,H) = CO(TR,H)/PCO(TR);  
 INVO(TR) = INVO(TR)/PCO(TR);  
 DITO(TR) = sum(K,DIO(TR,K));  
 CIO(K) = sum(TR,DIO(TR,K));  
 LSO = sum(I,LDO(I))/(1-uno);  
 KS1O = sum(AGR,KDO(AGR));  
 KS2O = sum(NAG,KDO(NAG));  
 TSO = sum(AGR,TDO(AGR));  
 YDMO(H) = YMO(H)-TDMO(H)-sum(Hj,RTFO(Hj,H));  
 EXO(TRX) = EXO(TRX)/PEO(TRX);

\* Prix de la valeur ajoutée

PVO(K) = ( PO(K)\*XSO(K) - sum(TRJ,PCO(TRJ)\*DIO(TRJ,K) ) ) / VAO(K) ;

PVO(WAT) = (PO(WAT)\*XSO(WAT))/VAO(WAT) ;

\* Production (Cobb douglas et Leontief)

io(K) = CIO(K) / XSO(K) ;  
 v(K) = VAO(K) / XSO(K) ;

\* Cobb douglas entre capital et travail dans les secteurs NWAT

alpha(NWAT) = wo\*LDO(NWAT)/(PVO(NWAT)\*VAO(NWAT)) ;  
 A\_KL(NWAT) = VAO(NWAT) / (LDO(NWAT)\*\*alpha(NWAT)\*KDO(NWAT)\*\*(1-alpha(NWAT))) ;

\* Cobb douglas entre capital, travail et terre dans les secteurs NIRG

alpha(NIRG) = wo\*LDO(NIRG)/(PVO(NIRG)\*VAO(NIRG)) ;  
 beta(NIRG) = r1o\*KDO(NIRG)/(PVO(NIRG)\*VAO(NIRG)) ;

$$A\_KLT(NIRG) = VAO(NIRG)/(LDO(NIRG)**alpha(NIRG)*KDO(NIRG)**beta(NIRG)*TDO(NIRG)**(1-alpha(NIRG)-beta(NIRG))) ;$$

\* Cobb douglas entre capital, travail dans le secteur WAT

$$\begin{aligned} alpha\_KL(WAT) &= wo*LDO(WAT)/(PKLO*KLO(WAT)); \\ beta\_KL(WAT) &= r2o*KDO(WAT)/(PKLO*KLO(WAT)); \\ A\_KL1(WAT) &= KLO(WAT)/(LDO(WAT)**alpha\_KL(WAT)*KDO(WAT)**beta\_KL(WAT)); \end{aligned}$$

$$alpha\_KLE(WAT) = (s(WAT)*PKLO*KLO(WAT))/(PVO(WAT)*VAO(WAT));$$

$$A\_KLE(WAT) = VAO(WAT)/(KLO(WAT)**alpha\_KLE(WAT)*ED1O(WAT)**(s(WAT)-alpha\_KLE(WAT)));$$

$$\begin{aligned} CTO(WAT) &= (VAO(WAT)/A\_KLE(WAT))**(1/s(WAT))*PKLO \\ &*(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))*re1o \\ &*(1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) \\ &*(alpha\_KLE(WAT)/(s(WAT)-alpha\_KLE(WAT)))*(1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) \\ &*(s(WAT)/alpha\_KLE(WAT)); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CMO(WAT) &= VAO(WAT)**((1/s(WAT))-1)*A\_KLE(WAT)**(-1/s(WAT))*PKLO \\ &*(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))*re1o \\ &*(1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) \\ &*(alpha\_KLE(WAT)/(s(WAT)-alpha\_KLE(WAT)))*(1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) \\ &*(s(WAT)/alpha\_KLE(WAT)); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cm1o(WAT) &= (1/s(WAT))*VAO(WAT)**((1/s(WAT))-1)*A\_KLE(WAT)**(-1/s(WAT))*PKLO \\ &*(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))*re1o \\ &*(1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) \\ &*(alpha\_KLE(WAT)/(s(WAT)-alpha\_KLE(WAT)))*(1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) \\ &*(s(WAT)/alpha\_KLE(WAT)); \end{aligned}$$

\* Subvention eau

$$SUBO(WAT) = (CMO(WAT) - Cm1o(WAT))*VAO(WAT) ;$$

\* Cobb douglas entre capital, travail, terre et eau dans les secteurs IRG

$$\begin{aligned} alpha(IRG) &= wo*LDO(IRG)/(PVO(IRG)*VAO(IRG)); \\ beta(IRG) &= r1o*KDO(IRG)/(PVO(IRG)*VAO(IRG)); \\ khi(IRG) &= rto*TDO(IRG)/(PVO(IRG)*VAO(IRG)); \\ A\_KLTE(IRG) &= VAO(IRG)/(LDO(IRG)**alpha(IRG)*KDO(IRG)**beta(IRG)*TDO(IRG)*khi(IRG)*ED2O(IRG)**(1-alpha(IRG)-beta(IRG)-khi(IRG))) ; \end{aligned}$$

\* Production des services non marchands NTR

$$\begin{aligned} alpha(NTRK) &= wo*LDO(NTRK)/(PVO(NTRK)*VAO(NTRK)) ; \\ A(NTRK) &= VAO(NTRK)/(LDO(NTRK)**alpha(NTRK)); \end{aligned}$$

\* Parametre d'echelle

$$\begin{aligned} psi(H) &= SMO(H)/YDMO(H) ; \\ mu(TR) &= (PCO(TR)*INVO(TR)) / ITO ; \\ aij(TR,K) &= DIO(TR,K) / CIO(K) ; \\ lambda\_w(H) &= lambda\_w(H)/sum(I,wo*LDO(I)); \\ lambda\_r(H) &= lambda\_r(H)/(sum(AGR,r1o*KDO(AGR))+sum(NAG,r2o*KDO(NAG))); \\ lambda\_l(H) &= lambda\_l(H)/sum(AGR,rto*TDO(AGR)); \\ lambda\_re &= 1-sum(H,lambda\_r(H))-lambda\_row; \\ lambda\_row &= lambda\_row/(sum(AGR,r1o*KDO(AGR))+sum(NAG,r2o*KDO(NAG))); \\ lambda\_l\_wat &= lambda\_l\_wat/(re1o*ED1O("PE")+re2o*ED2O("RI")); \\ lambda\_2\_wat(H) &= lambda\_2\_wat(H)/(re1o*ED1O("PE")+re2o*ED2O("RI")); \\ delta(I) &= PVO(I)*VAO(I) / sum(J,PVO(J)*VAO(J)) ; \end{aligned}$$

\* Autres parametres consommation menages

$$\begin{aligned} CTMO(H) &= YDMO(H)-SMO(H) ; \\ YELAS(TR,H) &= YELAS(TR,H)/(sum(TRJ,YELAS(TRJ,H)*PCO(TRJ)*CO(TRJ,H))/CTMO(H)) ; \\ gamma(TR,H) &= PCO(TR)*CO(TR,H)*YELAS(TR,H)/CTMO(H); \\ V\_MIN(H) &= (sum(TR,PCO(TR)*CO(TR,H)))*(1+1/FRISCH(H)) ; \\ C\_MIN(TR,H) &= CO(TR,H)-gamma(TR,H)*(CTMO(H)-V\_MIN(H))/PCO(TR) ; \end{aligned}$$

\* Autres prix

$$PINDEXO = sum(I,PVO(I)*delta(I)) ;$$

PO(TRX) = (PDO(TRX)\*DO(TRX) / (1+tx(TRX)) + PEO(TRX)\*EXO(TRX) ) / XSO(TRX) ;  
 PO(NTRX) = (PDO(NTRX)\*DO(NTRX) / (1+tx(NTRX)) ) / XSO(NTRX) ;

\* Commerce exterieur

\* Exportations (CET)

kappa\_e(TRX) = (1+tau\_e(TRX)) / tau\_e(TRX) ;  
 beta\_e(TRX) = 1/(1+(PLO(TRX))/PEO(TRX)\*(EXO(TRX)/DO(TRX))\*kappa\_e(TRX)-1) ;  
 B\_e(TRX) = XSO(TRX) / (beta\_e(TRX)\*EXO(TRX)\*kappa\_e(TRX)  
 + (1-beta\_e(TRX))\*DO(TRX)\*kappa\_e(TRX)\*(1/kappa\_e(TRX)) ;

\* Importations (CES Armington)

rho\_m(TRX) = (1-sigma\_m(TRX)) / sigma\_m(TRX) ;  
 alpha\_m(TRX) = (PMO(TRX)/PDO(TRX))\*(MO(TRX)/DO(TRX))\*(1/sigma\_m(TRX)) ;  
 alpha\_m(TRX) = alpha\_m(TRX)/(1+alpha\_m(TRX)) ;  
 A\_m(TRX) = QO(TRX) / (alpha\_m(TRX)\*MO(TRX)\*(-rho\_m(TRX))  
 + (1-alpha\_m(TRX))\*DO(TRX)\*(-rho\_m(TRX))\*(-1/rho\_m(TRX)) ;

\*=====FIN DU CALIBRAGE=====\*

\*=====MODELE=====\*

\*-----Definition des variables-----\*

#### VARIABLES

un                   taux de chomage  
 SUB(WAT)           Subvention eau

\* variables secteur eau

KL(WAT)           Facteur composite KL dans la production d'eau potable WAT  
 PKL               Prix du facteur composite dans la production d'eau potable WAT  
 CM(WAT)           Cout moyen de production de l'eau potable WAT  
 Cm1(WAT)          Cout marginal de production de l'eau potable WAT  
 CT(WAT)           Cout total de production d'eau potable WAT

\* Prix

w                   Taux de salaire  
 r1                  Taux de remuneration du capital dans le secteur agricole  
 r2                  Taux de remuneration du capital dans les autres secteurs  
 rt                  Taux de remuneration de la terre dans le secteur agricole  
 re1                 Taux de remuneration de l'eau primaire dans la production d'eau potable  
 re2                 Taux de remuneration de l'eau primaire dans le riz irrigue  
 P(I)               Prix au producteur sur l'ensemble de ses ventes de la branche J  
 PV(I)              Prix de la valeur ajoutee de la branche J  
 PD(TR)            Prix de marche du produit local TR vendu sur le marche interieur  
 PL(TR)            Prix recu par le producteur pour ses ventes du produit TR sur le marche interieur  
 PC(TR)            Prix de marche du produit composite TR  
 PE(TRX)           Prix recu par le producteur a l'exportation du produit TRX  
 PM(TRX)           Prix interieur de marche du produit importe TRX  
 PWM(TRX)          Prix international en devises du produit importe TRX  
 PWE(TRX)          Prix des exportations libelle en devises du produit TRX  
 PINDEX            Indice du prix du PIB au cout des facteurs  
 e                   Taux de change exterieur nominal

\* production

XS(I)              Production totale de la branche J  
 VA(I)              Valeur ajoutee de la branche J  
 DI(TR,K)           Demande intermediaire de produit I par la branche K  
 CI(K)              Consommation intermediaire totale de la branche K

\* facteurs

KS1                Offre totale de capital dans les secteurs agricoles  
 KS2                Offre totale de capital dans les autres secteurs  
 KD(TR)            Demande de capital dans le secteur TR  
 TS                 Offre totale de terre  
 TD(AGR)           Demande de terre dans le secteur agricole AGR  
 LS                 Offre totale de travail

LD(I) Demande travail dans la branche J  
 ED1(WAT) Demande d'eau primaire dans le secteur WAT  
 ED2(IRG) Demande d'eau primaire dans le secteur IRG

\* demande

C(TR,H) Consommation du menage H du produit TR  
 CTM(H) Consommation totale des menages  
 INV(TR) Demande d'investissement en produit TR (volume)  
 IT Investissement total  
 G Consommation publique  
 DIT(TR) Demande intermediaire totale en produit TR  
 D(TR) Ventes locales du produit TR  
 Q(TR) Offre totale de produit TR

\* commerce exterieur

M(TRX) Importations du produit TRX  
 EX(TRX) Exportations du produit TRX  
 SR Deficit courant de la balance des paiements exterieurs

\* revenus et epargnes

YM(H) Revenu des menages H  
 YDM(H) Revenu disponible des menages H  
 YE Revenu des entreprises  
 YG Recettes courantes totales du gouvernement  
 SM(H) Epargne des menages H  
 SE Epargne des entreprises  
 SG Epargne du gouvernement  
 DIV(H) Interets et dividendes verses par les entreprises aux menages H  
 TEW Interets et dividendes verses par les entreprises au reste du monde  
 TGM(H) Transferts du gouvernement aux menages H  
 TGW Transferts du gouvernement au reste du monde  
 TWM(H) Transferts du reste du monde aux menages H  
 RTF(H,HJ) Transferts intermenages  
 TWG Transferts du reste du monde au gouvernement  
 TI(TR) Impots indirects grevant la production de la branche TR  
 TIM(TRX) Recettes douanieres a l'importation du produit TRX (droits de douane)  
 TDM(H) Imposition directe du revenu des menages H  
 TDE Imposition directe du revenu des entreprises

\* Autres

EV(H) Variation equivalente de revenu des menages H  
 LEON Verification de la loi de walras  
 OMEGA Variable objectif

;

\*-----Definition des equations-----\*

#### EQUATIONS

SUBEAU(WAT) Subvention eau  
 KLCOMP(WAT) Composite KL dans WAT  
 PRICEKL(WAT) Prix du facteur composite KL du secteur WAT  
 PRICEVA1(WAT) Prix de la valeur ajoutee du secteur WAT  
 PRICEVA2(WAT) FPP du secteur WAT  
 MARGCOST(WAT) Cout marginal de production de l'eau potable WAT  
 AVERAGECOST(WAT) Cout moyen de production de l'eau potable WAT  
 TOTALCOST(WAT) Cout total de production d'eau potable WAT

\* Production

SUPPLY1(WAT) Production du secteur de production d'eau potable WA  
 SUPPLY(K) Production du secteur K  
 VAD1(NWAT) Valeur ajoutee des secteurs NWAT  
 VAD2(NIRG) Valeur ajoutee des secteurs NIRG  
 VAD4(IRG) Valeur ajoutee des secteurs IRG  
 VAD5(NTR) Valeur ajoutee des services non marchands  
 CIEQ(K) Consommation intermediaire totale du secteur K  
 DIEQ(TR,K) Consommation intermediaire du bien TR par le secteur K  
 LDEM1(NWAT) Demande de travail dans les secteurs NWAT  
 LDEM2(NIRG) Demande de travail dans les secteurs NIRG  
 LDEM3(WAT) Demande de travail dans les secteurs WAT

LDEM4(IRG)	Demande de travail dans les secteurs IRG
LDEM5(NTRK)	Demande de travail dans le secteur des services non marchands
KDEM1(NWAT)	Demande de capital dans les secteurs NWAT
KDEM2(NIRG)	Demande de capital dans les secteurs NIRG
KDEM3(WAT)	Demande de capital dans les secteurs WAT
KDEM4(IRG)	Demande de capital dans les secteurs IRG
TDEM1(NIRG)	Demande de terre dans les secteurs NIRG
TDEM2(IRG)	Demande de terre dans les secteurs IRG
EDEM1(WAT)	Demande d'eau primaire dans le secteur WAT
EDEM2(IRG)	Demande d'eau primaire dans le secteur IRG
* Revenus et epargnes	
INCM(H)	Revenu des menages H
INCDM(H)	Revenu disponible des menages H
INCE	Revenu des entreprises
SAVEM(H)	Epargne des menages H
SAVE	Epargne des entreprises
INCG	Revenu du gouvernement
SAVG	Epargne du gouvernement
* Taxes	
INDTAX1(TRX)	Recettes des taxes indirectes sur les produits TRX
INDTAX2(NTRX)	Recettes des taxes indirectes sur les produits NTRX
IMDUTY(TRX)	Recettes liees aux importations (droits de douane) sur les produits TRX
DIRTAXM(H)	Recettes des taxes directes sur le revenu des menages H
DIRTAXE	Recettes des taxes directes sur le revenu des entreprises
* Demande	
CTMEQ(H)	Consommation totale des menages H
CONSM(TR,H)	Consommation des menages H en produit TR
INVEST(TR)	Investissement en produit TR
INTDEM(TR)	Demande de consommation intermediaire en produit TR
CONSG	Consommation publique
* Prix	
PRVA(K)	Prix de la valeur ajoutee du secteur K
PRDL1(TRX)	Prix domestique de marche du produit TRX
PRDL2(NTRX)	Prix domestique de marche du produit NTRX
PRM(TRX)	Prix a l'importation du produit TRX
PRE(TRX)	Prix a l'exportation du produit TRX
PRL1(TRX)	Prix recu par le producteur pour ses ventes de produit TRX sur le marche interieur
PRL2(NTRX)	Prix recu par le producteur pour ses ventes de produits NTRX sur le marche interieur
PRP1(TRX)	Prix au producteur du produit TRX
PRP2(NTRX)	Prix au producteur du produit NTRX
PPIB	Prix du PIB au cout des facteurs
* Commerce exterieur	
CET(TRX)	Relation entre les ventes domestiques et les exportations des produits TRX
Product(NTRX)	Production egale ventes locales pour les produits NTRX
EXPORTS(TRX)	Exportations du produit TRX
ARMING(TRX)	CES entre les importations et les biens domestiques pour les biens TRX
Offre(NTRX)	Offre totale egale ventes domestiques pour les produits NTRX
IMPORT(TRX)	Importations du produit TRX
CURACC	Balance exterieure
* Equilibre	
DOMABS(Good)	Absorption domestique des biens
DOMABS2	Absorption domestique des services marchands non intensifs en eau
KEQUI1	Equilibre du marche du capital dans les secteurs agricoles
KEQUI2	Equilibre du marche du capital dans les autres secteurs
LEQUI	Equilibre du marche du travail
TEQUI	Equilibre du marche de la terre
ISEQUI	Equilibre entre epargne et investissement
* Autres	
EVEQ(H)	Calcul de la Variation Equivalente
WALRAS	Verification de la loi de Walras
OBJ	Fonction objectif

eff1                    Salaire d'efficience (contrainte incitative)

;

\* Equations du secteur de production d'eau potable

\* Simulation cout marginal

\*SUBEAU(WAT)..        SUB(WAT) =E= (CM(WAT)-Cm1(WAT))\*VA(WAT);

\* Cout moyen année de base

SUBEAU(WAT)..        SUB(WAT) =E= (CM(WAT)-CM(WAT))\*VA(WAT);

SUPPLY1(WAT)..       XS(WAT) =E= VA(WAT) ;

KLCOMP(WAT)..        KL(WAT) =E= (alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))\*(CM(WAT)/PKL)\*VA(WAT);

EDEM1(WAT)..        ED1(WAT) =E= ((s(WAT)-alpha\_KLE(WAT))/s(WAT))\*(CM(WAT)/re1)\*VA(WAT);

LDEM3(WAT)..        LD(WAT) =E= (alpha\_KL(WAT)\*PKL\*KL(WAT))/w;

KDEM3(WAT)..        KD(WAT) =E= (beta\_KL(WAT)\*PKL\*KL(WAT))/r2;

PRICEKL(WAT)..       PKL =E= (1/A\_KL1(WAT))\*r2/beta\_KL(WAT)\*\*beta\_KL(WAT)  
\*(w/alpha\_KL(WAT)\*\*alpha\_KL(WAT) ;

PRICEVA1(WAT)..      PV(WAT)=E= P(WAT);

\* Simulation cout marginal

\*PRICEVA2(WAT)..     PV(WAT) =E= Cm1(WAT) ;

\* Cout moyen année de base

PRICEVA2(WAT)..     PV(WAT) =E= CM(WAT) ;

MARGCOST(WAT)..     Cm1(WAT)=E= (1/s(WAT))\* VA(WAT)\*\*((1/s(WAT))-1)  
                         \*A\_KLE(WAT)\*\*(-1/s(WAT))\*PKL  
                         \*\* (alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))\*re1  
                         \*\* (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT)))  
                         \*(alpha\_KLE(WAT)/(s(WAT)-alpha\_KLE(WAT)))  
                         \*\* (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT)))  
                         \*(s(WAT)/alpha\_KLE(WAT));

AVERAGECOST(WAT).. CM(WAT) =E= VA(WAT)\*\*((1/s(WAT))-1)  
                         \*A\_KLE(WAT)\*\*(-1/s(WAT))\*PKL  
                         \*\* (alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))\*re1  
                         \*\* (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT)))  
                         \*(alpha\_KLE(WAT)/(s(WAT)-alpha\_KLE(WAT)))  
                         \*\* (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT)))  
                         \*(s(WAT)/alpha\_KLE(WAT));

TOTALCOST(WAT) ..    CT(WAT)=E= (VA(WAT)/A\_KLE(WAT))\* (1/s(WAT))\*PKL  
                         \*\* (alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))\*re1  
                         \*\* (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT)))  
                         \*(alpha\_KLE(WAT)/(s(WAT)-alpha\_KLE(WAT)))  
                         \*\* (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT)))  
                         \*(s(WAT)/alpha\_KLE(WAT));

\* Production des autres secteurs

SUPPLY(K)..           XS(K) =E= VA(K)/v(K) ;

VAD1(NWAT)..        VA(NWAT) =E= A\_KL(NWAT)\*LD(NWAT)\*\*alpha(NWAT)\*KD(NWAT)  
                         \*\* (1-alpha(NWAT)) ;

VAD2(NIRG)..        VA(NIRG) =E= A\_KLT(NIRG)\*LD(NIRG)\*\*alpha(NIRG)\*KD(NIRG)  
                         \*\*beta(NIRG)\*TD(NIRG)\*\* (1-alpha(NIRG)-beta(NIRG)) ;

VAD4(IRG)..        VA(IRG) =E= A\_KLTE(IRG)\*LD(IRG)\*\*alpha(IRG)\*KD(IRG)  
                         \*\*beta(IRG)\*TD(IRG)\*\*khi(IRG)  
                         \*ED2(IRG)\*\* (1-alpha(IRG)-beta(IRG)-khi(IRG)) ;

VAD5(NTR)..        VA(NTR) =E= LD(NTR) ;

CIEQ(K)..            CI(K) =E= io(K)\*XS(K) ;

DIEQ(TR,K)..        DI(TR,K) =E= aij(TR,K)\*CI(K) ;

LDEM1(NWAT)..  $LD(NWAT) = E = (\alpha(NWAT) * PV(NWAT) * VA(NWAT)) / w ;$   
LDEM2(NIRG)..  $LD(NIRG) = E = (\alpha(NIRG) * PV(NIRG) * VA(NIRG)) / w ;$   
LDEM4(IRG)..  $LD(IRG) = E = (\alpha(IRG) * PV(IRG) * VA(IRG)) / w ;$   
LDEM5(NTRK)..  $LD(NTRK) = E = (P(NTRK) * XS(NTRK) - \text{sum}(TR, DI(TR, NTRK) * PC(TR))) / w ;$   
KDEM1(NWAT)..  $KD(NWAT) = E = ((1 - \alpha(NWAT)) * PV(NWAT) * VA(NWAT)) / r2 ;$   
KDEM2(NIRG)..  $KD(NIRG) = E = (\beta(NIRG) * PV(NIRG) * VA(NIRG)) / r1 ;$   
KDEM4(IRG)..  $KD(IRG) = E = (\beta(IRG) * PV(IRG) * VA(IRG)) / r1 ;$   
TDEM1(NIRG)..  $TD(NIRG) = E = ((1 - \alpha(NIRG) - \beta(NIRG)) * PV(NIRG) * VA(NIRG)) / rt ;$   
TDEM2(IRG)..  $TD(IRG) = E = (\text{khi}(IRG) * PV(IRG) * VA(IRG)) / rt ;$   
EDEM2(IRG)..  $ED2(IRG) = E = ((1 - \alpha(IRG) - \beta(IRG) - \text{khi}(IRG)) * PV(IRG) * VA(IRG)) / re2 ;$

\* Revenus et epargnes

INCM(H)..  $YM(H) = E = \lambda_w(H) * w * \text{sum}(I, LD(I)) + \lambda_r(H) * (\text{sum}(AGR, r1 * KD(AGR)) + \text{sum}(NAG, r2 * KD(NAG))) + \lambda_l(H) * \text{sum}(AGR, rt * TD(AGR)) + \lambda_{wat}(H) * (re1 * ED1("PE") + re2 * ED2("RI")) + TGM(H) + DIV(H) + TWM(H) + \text{sum}(HJ, RTF(H, HJ)) ;$   
INCDM(H)..  $YDM(H) = E = YM(H) - TDM(H) - \text{sum}(HJ, RTF(H, HJ)) ;$   
INCE..  $YE = E = \lambda_{re} * (\text{sum}(AGR, r1 * KD(AGR)) + \text{sum}(NAG, r2 * KD(NAG))) ;$   
SAVEM(H)..  $SM(H) = E = \psi(H) * YDM(H) ;$   
SAVE..  $SE = E = YE - \text{sum}(H, DIV(H)) - TDE - TEW ;$   
INCG..  $YG = E = \lambda_{wat}(H) * (re1 * ED1("PE") + re2 * ED2("RI")) + \text{sum}(TRX, TIM(TRX)) + \text{sum}(TR, TI(TR)) + \text{sum}(H, TDM(H)) + TDE + TWG ;$   
SAVG..  $SG = E = YG - G - \text{sum}(H, TGM(H)) - TGW - SUB("PE") ;$

\* Taxes

INDTAX1(TRX)..  $TI(TRX) = E = tx(TRX) * (P(TRX) * XS(TRX) - PE(TRX) * EX(TRX)) + tx(TRX) * (1 + tm(TRX)) * e * PWM(TRX) * M(TRX) ;$   
INDTAX2(NTRX)..  $TI(NTRX) = E = tx(NTRX) * P(NTRX) * XS(NTRX) ;$   
IMDUTY(TRX)..  $TIM(TRX) = E = tm(TRX) * PWM(TRX) * e * M(TRX) ;$   
DIRTAXM(H)..  $TDM(H) = E = ty(H) * YM(H) ;$   
DIRTAXE..  $TDE = E = tye * YE ;$

\* Demande

CTMEQ(H)..  $CTM(H) = E = YDM(H) - SM(H) ;$   
CONSM(TR, H)..  $C(TR, H) * PC(TR) = E = C_{MIN}(TR, H) * PC(TR) + \gamma(TR, H) * (CTM(H) - \text{sum}(TRJ, C_{MIN}(TRJ, H) * PC(TRJ))) ;$   
INVEST(TR)..  $INV(TR) = E = \mu(TR) * IT / PC(TR) ;$   
INTDEM(TR)..  $DIT(TR) = E = \text{sum}(K, DI(TR, K)) ;$   
CONSG..  $G = E = XS("SNM") * P("SNM") ;$

\* Prix

PRVA(K)..  $PV(K) = E = (P(K) * XS(K) - \text{sum}(TR, DI(TR, K) * PC(TR))) / VA(K) ;$   
PRDL1(TRX)..  $PC(TRX) * Q(TRX) = E = PD(TRX) * D(TRX) + PM(TRX) * M(TRX) ;$

PRDL2(NTRX)..  $PC(NTRX)*Q(NTRX) = E= PD(NTRX)*D(NTRX) ;$   
 PRM(TRX)..  $PM(TRX) = E= e*PWM(TRX)*(1+tm(TRX))*(1+tx(TRX)) ;$   
 PRE(TRX)..  $PE(TRX) = E= e*PWE(TRX) ;$   
 PRL1(TRX)..  $PL(TRX)*(1+tx(TRX)) = E= PD(TRX) ;$   
 PRL2(NTRX)..  $PL(NTRX)*(1+tx(NTRX)) = E= PD(NTRX) ;$   
 PRP1(TRX)..  $P(TRX)*XS(TRX) = E= PL(TRX)*D(TRX) + PE(TRX)*EX(TRX) ;$   
 PRP2(NTRX)..  $P(NTRX)*XS(NTRX) = E= PL(NTRX)*D(NTRX) ;$   
 PPIB..  $PINDEX = E= \text{sum}(I,PV(I)*\text{delta}(I)) ;$   
 \* Commerce exterieur  
 CET(TRX)..  $XS(TRX) = E= B\_e(TRX)*(beta\_e(TRX)*EX(TRX)**kappa\_e(TRX) + (1-beta\_e(TRX))*D(TRX)**kappa\_e(TRX))*(1/kappa\_e(TRX)) ;$   
 Product(NTRX)..  $XS(NTRX) = E= D(NTRX) ;$   
 EXPORTS(TRX)..  $EX(TRX) = E= ((PE(TRX)/PL(TRX))*\tau\_e(TRX) * ((1-beta\_e(TRX))/beta\_e(TRX))*\tau\_e(TRX))*D(TRX) ;$   
 ARMING(TRX)..  $Q(TRX) = E= A\_m(TRX)*(alpha\_m(TRX)*M(TRX)**(-rho\_m(TRX)) + (1-alpha\_m(TRX))*D(TRX)**(-rho\_m(TRX)))*(-1/rho\_m(TRX)) ;$   
 Offre(NTRX)..  $Q(NTRX) = E= D(NTRX) ;$   
 IMPORT(TRX)..  $M(TRX) = E= ((alpha\_m(TRX)/(1-alpha\_m(TRX)))*\sigma\_m(TRX) *(PD(TRX)/PM(TRX))*\sigma\_m(TRX))*D(TRX) ;$   
 CURACC..  
 $SR = E= e*\text{sum}(TRX,PWM(TRX)*M(TRX))$   
 $+ \text{lambda\_row}*(\text{sum}(AGR,r1*KD(AGR))+\text{sum}(NAG,r2*KD(NAG)))$   
 $+ TEW + TGW - e*\text{sum}(TRX,PWE(TRX)*EX(TRX))$   
 $- \text{sum}(H,TWM(H)) - TWG ;$   
 \* Equilibres  
 DOMABS(Good)..  $Q(\text{Good}) = E= \text{sum}(H,C(\text{Good},H)) + DIT(\text{Good}) + INV(\text{Good}) ;$   
 DOMABS2..  
 $Q(\text{"SMNIE"}) = E= \text{sum}(H,C(\text{"SMNIE"},H)) + DIT(\text{"SMNIE"})+INV(\text{"SMNIE"}) ;$   
 KEQUI1..  
 $KS1 = E= \text{sum}(AGR,KD(AGR)) ;$   
 KEQUI2..  
 $KS2 = E= \text{sum}(NAG,KD(NAG)) ;$   
 LEQUI..  
 $LS = E= \text{sum}(I,LD(I))+ un*LS ;$   
 TEQUI..  
 $TS = E= \text{sum}(AGR,TD(AGR)) ;$   
 ISEQUI..  
 $IT = E= \text{sum}(H,SM(H)) + SE + SG + SR ;$   
 \* Autres  
 EVEQ(H)..  
 $EV(H) = E= \text{PROD}(TR,(PCO(TR)/PC(TR))*\gamma(TR,H))$   
 $*(\text{CTM}(H)-\text{sum}(TRJ,C\_MIN(TRJ,H)*PC(TRJ)))$   
 $-(\text{CTMO}(H)-\text{sum}(TRJ,C\_MIN(TRJ,H)*PCO(TRJ))) ;$   
 \*walras  
 WALRAS..  
 $LEON = E= Q(\text{"SMIE"}) - \text{sum}(H,C(\text{"SMIE"},H)) - DIT(\text{"SMIE"})$   
 $- INV(\text{"SMIE"}) ;$   
 OBJ..  
 $OMEGA = E= 1000 ;$   
 \*\*\*\*\* Salaire d'efficence et chomage \*\*\*\*\*  
 eff1..  $w = E= ee + (ee/qq)*(bb/un+rr) ;$

\*----- Initialisation des variables -----\*

\* Simulation Cm

\*SUB.L(WAT) = SUBO(WAT);

\*Cout moyen année de base

SUB.L(WAT) =0;

\* autres

KL.L(WAT) = KLO(WAT);

PKL.L = PKLO;

CML(WAT) = CMO(WAT);

Cm1.L(WAT) = Cm1o(WAT);

CT.L(WAT) = CTO(WAT);

w.L = wo;

r1.L = r1o;

r2.L = r2o;

rt.L = rto;

re1.L = re1o;

re2.L = re2o;

P.L(I) = PO(I);

PV.L(I) = PVO(I);

PD.L(TR) = PDO(TR);

PL.L(TR) = PLO(TR);

PC.L(TR) = PCO(TR);

PE.L(TRX) = PEO(TRX);

PM.L(TRX) = PMO(TRX);

PWM.L(TRX) = PWMO(TRX);

PWE.L(TRX) = PWEO(TRX);

PINDEX.L = PINDEXO;

e.L = eo;

XS.L(I) = XSO(I);

VA.L(I) = VAO(I);

DIL(TR,K) = DIO(TR,K);

CI.L(K) = CIO(K);

KS1.L = KS1O;

KS2.L = KS2O;

KD.L(TR) = KDO(TR);

TS.L = TSO;

TD.L(AGR) = TDO(AGR);

LS.L = LSO;

LD.L(I) = LDO(I);

ED1.L(WAT) = ED1O(WAT);

ED2.L(IRG) = ED2O(IRG);

C.L(TR,H) = CO(TR,H);

CTM.L(H) = CTMO(H);

INV.L(TR) = INVO(TR);

IT.L = ITO;

G.L = GO;

DIT.L(TR) = DITO(TR);

D.L(TR) = DO(TR);

Q.L(TR) = QO(TR);

M.L(TRX) = MO(TRX);

EX.L(TRX) = EXO(TRX);

SR.L = SRO;

YM.L(H) = YMO(H);

YDM.L(H) = YDMO(H);

YE.L = YEO;

YG.L = YGO;

SM.L(H) = SMO(H);

SE.L = SEO;

SG.L = SGO;

DIV.L(H) = DIVO(H);

TEW.L = TEWO;

TGM.L(H) = TGMO(H);

TGW.L = TGWO;

TWML(H) = TWMO(H);

RTF.L(H,HJ) = RTFO(H,HJ);

TWG.L = TWGO;

TLL(TR) = TIO(TR);  
TIM.L(TRX) = TIMO(TRX);  
TDM.L(H) = TDMO(H);  
TDE.L = TDEO;

LEON.L = 0;  
OMEGA.L = 1000;  
EV.L(H) = 0;

\*-----Fermeture du modele-----\*

\*e (taux de change) est le numeraire, travail capital et terre mobiles,  
\*depenses publiques fixes, et SR fixe

LS.FX = LSO;  
un.L = uno;

KS1.FX = KS1O;  
KS2.FX = KS2O;  
TS.FX = TSO;  
ED1.FX("PE") = ED1O("PE");  
ED2.FX("RI") = ED2O("RI");  
DIV.FX(H) = DIVO(H);  
TEW.FX = TEWO;  
TGM.FX(H) = TGMO(H);  
G.FX = GO;  
PWM.FX(TRX) = PWMO(TRX);  
PWE.FX(TRX) = PWEO(TRX);  
e.FX = eo;  
SR.FX = SRO;  
TWM.FX(H) = TWMO(H);  
TWG.FX = TWGO;  
RTF.FX(H,HJ) = RTFO(H,HJ);  
TGW.FX = TGWO;

\*=====Simulations=====\*

\* simulation d'une secheresse

\*ED2.FX("RI") = 0.5\*ED2O("RI");  
\*ED1.FX("PE") = 0.5\*ED1O("PE");

\* simulation prix de l'eau potable au cout marginal

\*SUBEAU(WAT).. SUB(WAT) =E= (CM(WAT)-Cm1(WAT))\*VA(WAT);  
\*PRICEVA2(WAT).. PV(WAT) =E= Cm1(WAT) ;  
\*SUB.L(WAT) = SUBO(WAT);

\*===== Execution du modele =====\*

MODEL SENEAU Petite economie avec gouvernement /ALL/;  
SENAU.HOLDFIXED=1;  
SOLVE SENEAU USING MCP;

## Annexe 13 : Les variables, paramètres et ensembles de SENEAU dynamique

### 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)

## **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  
 $Pwm_{TRX}$  : Prix international en devise du produit importé TRX  
 $Pwe_{TRX}$  : Prix des exportations libellé en devises TRX  
 $e$  : Taux de change extérieur nominal

## 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

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

$\sigma_{TRX}^m$  : Elasticité de substitution commerciale du produit TRX

$\rho_{TRX}^m$  : Paramètre de la fonction  $\rho^m$  de substitution commerciale de produit TRX

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

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

$\tau_{TRX}^e$  : Elasticité de transformation commerciale du produit TRX

$\kappa_{TRX}^e$  : Paramètre  $\kappa^e$  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

$\alpha_{WAT}^{KL}$  : 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)

$\alpha_{WAT}^{KLE}$  : Elasticité de la fonction de production Cobb-douglas de la production d'eau potable (part du facteur composite)

$\alpha_I$  : La part du facteur capital dans la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutée des secteurs I

$\beta_{WAT}^{KL}$  : Elasticité de la fonction de production Cobb-douglas du facteur composite KL dans le secteur WAT (part du capital)

$\beta_{TR}$  : Part du facteur travail dans la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutée des branches TR

$\chi_{IRG}$  : 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

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

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

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

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

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

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

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

$\lambda_{re}$  : Part des revenus du capital reçus par les entreprises

$\lambda_{row}$  : Part des revenus du capital versés au reste du monde

$\phi_H$  : Propension à épargner du ménage H

$\mu_{TR}$  : Part en valeur du produit TR dans l'investissement total

$\delta_j$  : 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

$\delta$  : Taux de dépréciation du capital

$ir$  : Taux d'intérêt réel

$\gamma_{1TR}$  : Paramètre dans la fonction de demande d'investissement

$\gamma_{2TR}$  : Paramètre dans la fonction de demande d'investissement

### 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)

$$t, t \in T = \{1, 2, \dots, 20\} \text{ Périodes}$$

## Annexe 14 : Code GAMS de SENEAU dynamique

\$TITLE MODEL SENEAU dynamique  
 \$TITLE PETITE ECONOMIE AVEC GOUVERNEMENT

\*=====CALIBRAGE=====\*

SET I sectors / RI Riz irrigue  
 RP Riz pluvial  
 MA Maraichage  
 PEC Peche  
 AA Autre agriculture  
 IIE Industrie intensive en eau  
 INIE Industrie non intensive en eau  
 EG Energie  
 PE Production eau d'eau potable par SONES  
 BP Distribution d'eau potable par branchement prive SDE  
 BF Distribution d'eau potable par 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(I) Sauf PE / RI Riz irrigue  
 RP Riz pluvial  
 MA Maraichage  
 PEC Peche  
 AA Autre agriculture  
 IIE Industrie intensive en eau  
 INIE Industrie non intensive en eau  
 EG Energie  
 BP Distribution d'eau potable par branchement prive SDE  
 BF Distribution d'eau potable par 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 /

TR(I) Tradable / RI Riz irrigue  
 RP Riz pluvial  
 MA Maraichage  
 PEC Peche  
 AA Autre agriculture  
 IIE Industrie intensive en eau  
 INIE Industrie non intensive en eau  
 EG Energie  
 PE Production d'eau potable  
 BP Distribution d'eau potable par branchement prive SDE  
 BF Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE  
 DIE Distribution informelle d'eau potable  
 SMIE Services marchands intensifs en eau  
 SMNIE Services marchands non intensifs en eau /

TRK(K) Trad sauf PE / RI Riz irrigue  
 RP Riz pluvial  
 MA Maraichage  
 PEC Peche  
 AA Autre agriculture  
 IIE Industrie intensive en eau  
 INIE Industrie non intensive en eau  
 EG Energie  
 BP Distribution d'eau potable par branchement prive SDE  
 BF Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE  
 DIE Distribution informelle d'eau potable  
 SMIE Services marchands intensifs en eau  
 SMNIE Services marchands non intensifs en eau /

NTR(I) Non trad / SNM Services non marchands /

NTRK(K) / SNM Services non marchands /

TRX(TR) Imp Exp	/	RI	Riz irrigue
		MA	Maraichage
		PEC	Peche
		AA	Autre agriculture
		IIE	Industrie intensive en eau
		INIE	Industrie non intensive en eau
		SMIE	Services marchands intensifs en eau
		SMNIE	Services marchands non intensifs en eau /
TRXK(TRK) Imp Exp	/	RI	Riz irrigue
		MA	Maraichage
		PEC	Peche
		AA	Autre agriculture
		IIE	Industrie intensive en eau
		INIE	Industrie non intensive en eau
		SMIE	Services marchands intensifs en eau
		SMNIE	Services marchands non intensifs en eau /
NTRX(TR) Non I E	/	RP	Riz pluvial
		EG	Energie
		PE	Production d'eau potable par SONES
		BP	Distribution d'eau potable par branchement prive SDE
		BF	Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE
		DIE	Distribution informelle d'eau potable /
NTRXK(TRK) Non I E	/	RP	Riz pluvial
		EG	Energie
		BP	Distribution d'eau potable par branchement prive SDE
		BF	Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE
		DIE	Distribution informelle d'eau potable /
AGR(TR) Agricult	/	RI	Riz irrigue
		RP	Riz pluvial
		MA	Maraichage
		AA	Autre agriculture /
NAG(TR) Non agri	/	PEC	Peche
		IIE	Industrie intensive en eau
		INIE	Industrie non intensive en eau
		EG	Energie
		PE	Production d'eau potable par SONES
		BP	Distribution d'eau potable par branchement prive SDE
		BF	Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE
		DIE	Distribution informelle d'eau potable
		SMIE	Services marchands intensifs en eau
		SMNIE	Services marchands non intensifs en eau /
IRG(AGR) Ag eau	/	RI	Riz irrigue /
NIRG(AGR) Non I	/	RP	Riz pluvial
		MA	Maraichage
		AA	Autre agriculture /
WAT(NAG) Eau p	/	PE	Production d'eau potable par SONES /
NWAT(NAG) Non E	/	PEC	Peche
		IIE	Industrie intensive en eau
		INIE	Industrie non intensive en eau
		EG	Energie
		BP	Distribution d'eau potable par branchement prive SDE
		BF	Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE
		DIE	Distribution informelle d'eau potable
		SMIE	Services marchands intensifs en eau
		SMNIE	Services marchands non intensifs en eau /
EAU(TR) FE	/	RI	Riz irrigue
		PE	Production d'eau potable par SONES /

GOOD(TR) Goods / RI Riz irrigue  
 RP Riz pluvial  
 MA Maraichage  
 PEC Peche  
 AA Autre agriculture  
 IIE Industrie intensive en eau  
 INIE Industrie non intensive en eau  
 EG Energie  
 PE Production d'eau potable par SONES  
 BP Distribution d'eau potable par branchement prive SDE  
 BF Distribution d'eau potable par borne fontaine SDE  
 DIE Distribution informelle d'eau potable /

H Households / Dakar Dakar  
 ACU Autres Centres Urbains  
 BA Bassin arachidier  
 NIAY Niayes  
 CASA Casamance  
 ZSP Zone sylvopastorale  
 SO Senegal oriental  
 FLEUV Fleuve /

URB(H) Urban / Dakar Dakar  
 ACU Autres Centres Urbains /

RUR(H) Rural / BA Bassin arachidier  
 NIAY Niayes  
 CASA Casamance  
 ZSP Zone sylvopastorale  
 SO Senegal oriental  
 FLEUV Fleuve /

T TIME PERIODS / 1\*20/  
 tt(T) / 1,5,10,15,20 /

TFIRST(T) FIRST PERIOD

TLAST(T) LAST PERIOD

T1(t)

T2(t)

T3(t)

T4(t)

T5(t)

T6(t)

T7(t)

T8(t)

T9(t)

Ts(t)

;

T1(T) = YES\$(ord(t) eq 1);

T2(t) = YES\$(ORD(T) EQ 2);

T3(t) = YES\$(ORD(T) EQ 3);

T4(t) = YES\$(ORD(T) EQ 4);

T5(t) = YES\$(ORD(T) EQ 5);

T6(t) = YES\$(ORD(T) EQ 6);

T7(t) = YES\$(ORD(T) EQ 7);

T8(t) = YES\$(ORD(T) EQ 8);

T9(t) = YES\$(ORD(T) gt 8);

Ts(t) = YES\$(ORD(T) gt 5);

TFIRST(T) = YES\$(ORD(T) EQ 1);

TLAST(T) = YES\$(ORD(T) EQ CARD(T));

ALIAS (I,J)

ALIAS (K,KJ)

ALIAS (TR,TRJ)

ALIAS (TRK,TRKJ)

ALIAS (AGR,AGRJ)

ALIAS (NAG,NAGJ)

ALIAS (IRG,IRGJ)

ALIAS (NIRG,NIRGJ)

ALIAS (WAT,WATJ)

ALIAS (NWAT,NWATJ)

ALIAS (TRX,TRXJ)

ALIAS (TRXK,TRXKJ)

ALIAS (NTRX,NTRXJ)  
 ALIAS (NTRXK,NTRXKJ)  
 ALIAS (H,HJ)  
 ;

\*-----Definition des parametres-----\*

PARAMETER

\*-----Paramètres dynamique -----

ir                   Taux d'interet reel  
 g1(tr)             Parametre 1 dans la fonction de demande d'investissement  
 g2(tr)             Parametre 2 dans ma fonction de demande d'investissement  
 n                   Taux de croissance de la population  
 delt               Taux de depreciation du capital  
 ir                   Taux d'escompte  
 temp(TR)  
 RES

\*-----

\*Parametres pour chomage

ee                   Desutilite de l'effort  
 bb                   Probabilite d'etre renvoye  
 qq                   Probabilite de tir au flanc  
 rr                   Taux d'escompte  
 uno                  Taux de chomage

\* Autres parametres

s(WAT)             Parametre d'echelle mesurant les rendements croissants dans le secteur de production d'eau WAT

A\_m(TRX)           Constante de niveau de la fonction de substitution commerciale  
 B\_e(TRX)           Constante de niveau de la fonction de transformation commerciale  
 A\_KL(NWAT)         Parametre d'echelle de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs NWAT  
 A\_KL1(WAT)         Parametre d'echelle de la fonction de production Cobb douglas du facteur composite KL du secteur WAT  
 A\_KLT(NIRG)        Parametre d'echelle de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs NIRG  
 A\_KLE(WAT)         Parametre d'echelle de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs WAT  
 A\_KLTE(IRG)        Parametre d'echelle de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs IRG  
 A(NTRK)            Parametre d'echelle de la fonction de production de la valeur ajoutee des services non marchands  
 alpha\_m(TRX)       Parametre distributif de la fonction de substitution commerciale des produits TRX  
 beta\_e(TRX)        Parametre distributif de la fonction de transformation commerciale des produits TRX  
 sigma\_m(TRX)       Elasticite de substitution commerciale des produits TRX  
 tau\_e(TRX)         Elasticite de transformation commerciale des produits TRX  
 rho\_m(TRX)         Parametre de la fonction de substitution commerciale des produits TRX  
 kappa\_e(TRX)       Parametre de la fonction de transformation commerciale des produits TRX  
 alpha(I)            Elasticite de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs I (part du travail)  
 alpha\_KL(WAT)      Elasticite de la fonction de production Cobb douglas du facteur composite KL dans le secteur WAT (part du travail)  
 beta(TR)            Elasticite de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee des secteurs TR (part du capital)  
 beta\_KL(WAT)       Elasticite de la fonction de production Cobb douglas du facteur composite KL dans le secteur WAT (part du capital)  
 sigma(WAT)         Elasticite de la fonction de production Cobb douglas de la production d'eau potable (part de l'eau primaire)  
 alpha\_KLE(WAT)    Elasticite de la fonction de production Cobb douglas de la production d'eau potable (part du composite KL)  
 khi(IRG)           Elasticite de la fonction de production Cobb douglas de la valeur ajoutee du secteur IRG (part de la terre)  
 aij(TR,K)          Volume de l'intrant intermediaire TR par unite de demande intermediaire de la branche J  
 io(K)               Volume d'intrants intermediaires necessaire a la production d'une unite du produit I  
 v(K)                Coefficient de valeur ajoutee de la branche J  
 tx(TR)             Taux d'imposition indirecte interieure sur le produit TR  
 tm(TRX)            Taux d'imposition indirecte douaniere sur le produit TRX  
 ty(H)               Taux d'imposition directe du revenu des menages H  
 tye                 Taux d'imposition directe du revenu des entreprises  
 gamma(TR,H)       Propension marginale discretionnaire a consommer du produit TR (LES)par le menage H  
 YELAS(TR,H)       Elasticite revenu du bien TR du menage H  
 V\_MIN(H)           Valeur de la consommation minimale (temp variable)du menage H  
 C\_MIN(TR,H)        Niveau de consommation minimum de bien TR dans la fonction LES du menage H  
 FRISCH(H)          Parametre de Frisch (fonction de consommation LES)du menage H  
 lambda\_w(H)        Part des revenus du travail recus par les menages de la categorie H  
 lambda\_r(H)        Part des revenus du capital recus par les menages de la categorie H  
 lambda\_l(H)        Part des revenus de la terre recus par les menages de la categorie H  
 lambda\_re           Part des revenus du capital recus par les entreprises  
 lambda\_row         Part des revenus du capital verses au reste du monde  
 lambda1\_wat        Part des revenus de l'eau primaire recus par le gouvernement  
 lambda2\_wat(H)     Part des revenus de l'eau primaire recus par les menages  
 psi(H)             Propension a epargner du menage H  
 mu(TR)             Part en valeur du produit TR dans l'investissement total  
 delta(I)           Part de la valeur ajoutee de la branche J dans le PIB au cout des facteurs a la situation de reference

\*\*\*\*\* Variables de l'annee de base\*\*\*\*\*

\* dynamique

PKO	Prix de renouvellement du capital
UO	Cout d'usage du capital
RKDO(TR)	Demande de capital dans le secteur TR
INDO(TR)	Demande d'investissement dans le secteur TR

\* Variables du secteur de production d'eau potable

SUBO(WAT)	Subvention eau
KLO(WAT)	Facteur composite capital travail KL dans le secteur WAT
PKLO	Prix du facteur composite capital travail KL dans le secteur WAT
CMO(WAT)	Cout moyen de production d'eau potable dans le secteur WAT
Cm1o(WAT)	Cout marginal de production d'eau potable dans le secteur WAT
CTO(WAT)	Cout total de production d'eau potable WAT

\* prix

wo	Taux de salaire
ro(TR)	Taux de remuneration du capital dans les secteurs agricoles
rto	Taux de remuneration de la terre dans le secteur agricole
re1o	Taux de rémunération de l'eau primaire dans la production d'eau potable
re2o	Taux de rémunération de l'eau primaire dans le riz irrigué
PO(I)	Prix au producteur sur l'ensemble de ses ventes de la branche J
PVO(I)	Prix de la valeur ajoutée de la branche J
PDO(TR)	Prix de marche du produit local TR vendu sur le marche interieur
PLO(TR)	Prix recu par le producteur pour ses ventes du produit TR sur le marche interieur
PCO(TR)	Prix de marche du produit composite TR
PEO(TRX)	Prix recu par le producteur a l'exportation du produit TRX
PMO(TRX)	Prix interieur de marche du produit importe TRX
PWMO(TRX)	Prix international en devises du produit importe TRX
PWEO(TRX)	Prix des exportations libelle en devises du produit TRX
PINDEXO	Indice du prix du PIB au cout des facteurs
eo	Taux de change exterieur nominal

\* production

XSO(I)	Production totale de la branche J
VAO(I)	Valeur ajoutée de la branche J
DIO(TR,K)	Demande intermediaire de produit I par la branche J
CIO(K)	Consommation intermediaire totale de la branche J

\* facteurs

KDO(TR)	Demande de capital dans le secteur TR
TSAO	Offre totale de terre
TDO(AGR)	Demande de terre dans le secteur agricole AGR
LSO	Offre totale de travail
LDO(I)	Demande travail dans la branche J
ED1O(WAT)	Demande d'eau primaire du secteur WAT utilisant l'eau primaire
ED2O(IRG)	Demande d'eau primaire du secteur IRG utilisant l'eau primaire

\* demande

CO(TR,H)	Consommation du menage H du produit TR
CTMO(H)	Consommation totale des menages H
INVO(TR)	Demande d'investissement en produit TR (volume)
ITO	Investissement total
GO	Consommation publique
DITO(TR)	Demande intermediaire totale en produit TR
DO(TR)	Ventes locales du produit TR
QO(TR)	Offre totale de produit TR

\* commerce exterieur

MO(TRX)	Importations du produit TRX
EXO(TRX)	Exportations du produit TRX
SRO	Deficit courant de la balance des paiements exterieurs

\* revenus et epargnes

YMO(H)	Revenu des menages H
YDMO(H)	Revenu disponible des menages H
YEO	Revenu des entreprises

YGO	Recettes courantes totales du gouvernement
SMO(H)	Epargne des menages H
SEO	Epargne des entreprises
SGO	Epargne du gouvernement
DIVO(H)	Interets et dividendes verses par les entreprises aux menages H
TEWO	Interets et dividendes verses par les entreprises au reste du monde
TGMO(H)	Transferts du gouvernement aux menages H
TGWO	Transferts du gouvernement au reste du monde
TWMO(H)	Transferts du reste du monde aux menages H
RTFO(H,HJ)	Transferts intermenages
TWGO	Transferts du reste du monde au gouvernement
TIO(TR)	Impots indirects grevant la production de la branche TR
TIMO(TRX)	Recettes douanieres a l'importation du produit TRX (droits de douane)
TDMO(H)	Imposition directe du revenu des menages H
TDEO	Imposition directe du revenu des entreprises

\*----- La matrice de comptabilite sociale -----\*

\*----- Assignement des variables-----\*

XSO(I)	= DP("XSO",I)/res;
VAO(I)	= DP("VAO",I)/res;
LDO(I)	= DP("LDO",I)/res;
RKDO(TR)	= DP("RKDO",TR)/res;
TDO(AGR)	= DP("TDO",AGR)/res;
ED1O("PE")	= DP("ED1O", "PE")/res;
ED2O("RI")	= DP("ED2O", "RI")/res;
KLO("PE")	= DP("KLO", "PE")/res;
INVO(TR)	= DP("INVO",TR)/res;
INDO(TR)	= DP("INDO",TR)/res;
EXO(TRX)	= DP("EXO",TRX)/res;
DO(TR)	= DP("DO",TR)/res;
MO(TRX)	= DP("MO",TRX)/res;
QO(TR)	= DP("QO",TR)/res;
PO(I)	= DP("PO",I);
PLO(TR)	= DP("PLO",TR);
PWMO(TRX)	= DP("PWMO",TRX);
PEO(TRX)	= DP("PEO",TRX);
TIMO(TRX)	= DP("TIMO",TRX)/res;
TIO(TR)	= DP("TIO",TR)/res;
TDMO(H)	= HOUSEHOLDS("TDMO",H)/res;
YMO(H)	= HOUSEHOLDS("YMO",H)/res;
SMO(H)	= HOUSEHOLDS("SMO",H)/res;
lambda_w(H)	= HOUSEHOLDS("lambda_w",H)/res;
lambda_r(H)	= HOUSEHOLDS("lambda_r",H)/res;
lambda_l(H)	= HOUSEHOLDS("lambda_l",H)/res;
lambda2_wat(H)	= HOUSEHOLDS("lambda2_wat",H)/res;
TGMO(H)	= HOUSEHOLDS("TGMO",H)/res;
DIVO(H)	= HOUSEHOLDS("DIVO",H)/res;
FRISCH(H)	= HOUSEHOLDS("FRISCH",H);
TWMO(H)	= HOUSEHOLDS("TWMO",H)/res;
sigma_m(TRX)	= DP("sigma_m",TRX);
tau_e(TRX)	= DP("tau_e",TRX);
s("PE")	= DP("s", "PE");

YEO	= YEO/res;
SEO	= SEO/res;
YGO	= YGO/res;
SGO	= SGO/res;
GO	= GO/res;
lambda1_wat	= lambda1_wat/res;
TDEO	= TDEO/res;
TEWO	= TEWO/res;
lambda_row	= lambda_row/res;
ITO	= ITO/res;
SRO	= SRO/res;
TGWO	= TGWO/res;
TWGO	= TWGO/res;

;

\* calcul des taux

$$ee = 1/(1+((bb/uno)+rr)/qq);$$

\* Taux de taxes

$$\begin{aligned} tx(TRX) &= TIO(TRX)/(DO(TRX)+MO(TRX)+TIMO(TRX)); \\ tx(NTRX) &= TIO(NTRX)/DO(NTRX); \\ \\ ty(H) &= TDMO(H)/YMO(H); \\ tye &= TDEO/YEO; \\ tm(TRX) &= TIMO(TRX)/MO(TRX); \end{aligned}$$

\* Prix

$$\begin{aligned} PDO(TRX) &= ((1+tx(TRX))*PO(TRX)*XSO(TRX) - EXO(TRX)*PEO(TRX)) / DO(TRX); \\ PDO(NTRX) &= ((1+tx(NTRX))*PO(NTRX)*XSO(NTRX)) / DO(NTRX); \\ \\ PMO(TRX) &= PWMO(TRX)*(1+tx(TRX))*(1+tm(TRX))*eo; \\ PWEO(TRX) &= PEO(TRX)/eo; \\ \\ PCO(TRX) &= (PDO(TRX)*DO(TRX)+PMO(TRX)*MO(TRX)) / QO(TRX); \\ PCO(NTRX) &= (PDO(NTRX)*DO(NTRX)) / QO(NTRX); \end{aligned}$$

\* Variables en volume

$$\begin{aligned} LDO(I) &= LDO(I)/wo; \\ TDO(AGR) &= TDO(AGR)/rto; \\ KLO(WAT) &= KLO(WAT)/PKLO; \\ ED1O("PE") &= ED1O("PE")/re1o; \\ ED2O("RI") &= ED2O("RI")/re2o; \\ XSO(I) &= XSO(I)/PO(I); \\ DIO(TR,K) &= DIO(TR,K)/PCO(TR); \\ CO(TR,H) &= CO(TR,H)/PCO(TR); \\ INVO(TR) &= INVO(TR)/PCO(TR); \end{aligned}$$

\*----- dynamique-----\*

$$\begin{aligned} mu(TR) &= (PCO(TR)*INVO(TR))/ITO; \\ PKO &= sum(TR,PCO(TR)*mu(TR)); \\ UO &= PKO*(ir+delt); \\ INDO(TR) &= INDO(TR)/PKO; \\ ITO &= PKO*sum(TR,INDO(TR)); \end{aligned}$$

\* Nous faisons une hypothese sur le taux de croissance du stock de capital  
\* autrement dit sur le taux d'investissement ou le rapport IND/KD

$$*KDO(TR) = INDO(TR)/(n+delt);$$

$$KDO(TR) = INDO(TR)/(0.05);$$

\* ou encore le taux de croissance du produit

$$RO(TR) = RKDO(TR)/KDO(TR);$$

\*-----

$$\begin{aligned} DITO(TR) &= sum(K,DIO(TR,K)); \\ CIO(K) &= sum(TR,DIO(TR,K)); \\ LSO &= sum(I,LDO(I))/(1-uno); \\ TSAO &= sum(AGR,TDO(AGR)); \\ YDMO(H) &= YMO(H)-TDMO(H)-sum(Hj,RTFO(Hj,H)); \\ EXO(TRX) &= EXO(TRX)/PEO(TRX); \end{aligned}$$

\* Prix de la valeur ajoutee

$$PVO(K) = (PO(K)*XSO(K) - sum(TRJ,PCO(TRJ)*DIO(TRJ,K))) / VAO(K);$$

$$PVO(WAT) = (PO(WAT)*XSO(WAT)) / VAO(WAT);$$

\* Production (Cobb douglas et Leontief)

$$\begin{aligned} io(K) &= CIO(K) / XSO(K); \\ v(K) &= VAO(K) / XSO(K); \end{aligned}$$

\* Cobb douglas entre capital et travail dans les secteurs NWAT

$$\begin{aligned} alpha(NWAT) &= wo*LDO(NWAT)/(PVO(NWAT)*VAO(NWAT)); \\ A\_KL(NWAT) &= VAO(NWAT) / (LDO(NWAT)**alpha(NWAT)*KDO(NWAT)**(1-alpha(NWAT))); \end{aligned}$$

\* Cobb douglas entre capital, travail et terre dans les secteurs NIRG

$$\begin{aligned} \alpha(\text{NIRG}) &= \text{wo} * \text{LDO}(\text{NIRG}) / (\text{PVO}(\text{NIRG}) * \text{VAO}(\text{NIRG})); \\ \beta(\text{NIRG}) &= \text{ro}(\text{NIRG}) * \text{KDO}(\text{NIRG}) / (\text{PVO}(\text{NIRG}) * \text{VAO}(\text{NIRG})); \\ \text{A\_KLT}(\text{NIRG}) &= \text{VAO}(\text{NIRG}) / (\text{LDO}(\text{NIRG}) * \alpha(\text{NIRG}) * \text{KDO}(\text{NIRG}) * \beta(\text{NIRG}) * \text{TDO}(\text{NIRG}) * (1 - \alpha(\text{NIRG}) - \beta(\text{NIRG}))); \end{aligned}$$

\* Cobb douglas entre capital, travail dans le secteur WAT

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{KL}}(\text{WAT}) &= \text{wo} * \text{LDO}(\text{WAT}) / (\text{PKLO} * \text{KLO}(\text{WAT})); \\ \beta_{\text{KL}}(\text{WAT}) &= \text{ro}(\text{WAT}) * \text{KDO}(\text{WAT}) / (\text{PKLO} * \text{KLO}(\text{WAT})); \\ \text{A\_KL1}(\text{WAT}) &= \text{KLO}(\text{WAT}) / (\text{LDO}(\text{WAT}) * \alpha_{\text{KL}}(\text{WAT}) * \text{KDO}(\text{WAT}) * \beta_{\text{KL}}(\text{WAT})); \end{aligned}$$

$$\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) = (\text{s}(\text{WAT}) * \text{PKLO} * \text{KLO}(\text{WAT})) / (\text{PVO}(\text{WAT}) * \text{VAO}(\text{WAT}));$$

$$\text{A\_KLE}(\text{WAT}) = \text{VAO}(\text{WAT}) / (\text{KLO}(\text{WAT}) * \alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) * \text{ED1O}(\text{WAT}) * (\text{s}(\text{WAT}) - \alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT})));$$

$$\begin{aligned} \text{CTO}(\text{WAT}) &= (\text{VAO}(\text{WAT}) / \text{A\_KLE}(\text{WAT})) * (1 / \text{s}(\text{WAT})) * \text{PKLO} * (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / \text{s}(\text{WAT})) * \text{re1o} * (1 - (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / \text{s}(\text{WAT}))) * (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / (\text{s}(\text{WAT}) - \alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}))) * (1 - (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / \text{s}(\text{WAT}))) * (\text{s}(\text{WAT}) / \alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT})); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CMO}(\text{WAT}) &= \text{VAO}(\text{WAT}) * ((1 / \text{s}(\text{WAT})) - 1) * \text{A\_KLE}(\text{WAT}) * (-1 / \text{s}(\text{WAT})) * \text{PKLO} * (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / \text{s}(\text{WAT})) * \text{re1o} * (1 - (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / \text{s}(\text{WAT}))) * (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / (\text{s}(\text{WAT}) - \alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}))) * (1 - (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / \text{s}(\text{WAT}))) * (\text{s}(\text{WAT}) / \alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT})); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cm1o}(\text{WAT}) &= (1 / \text{s}(\text{WAT})) * \text{VAO}(\text{WAT}) * ((1 / \text{s}(\text{WAT})) - 1) * \text{A\_KLE}(\text{WAT}) * (-1 / \text{s}(\text{WAT})) * \text{PKLO} * (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / \text{s}(\text{WAT})) * \text{re1o} * (1 - (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / \text{s}(\text{WAT}))) * (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / (\text{s}(\text{WAT}) - \alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}))) * (1 - (\alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT}) / \text{s}(\text{WAT}))) * (\text{s}(\text{WAT}) / \alpha_{\text{KLE}}(\text{WAT})); \end{aligned}$$

\* Subvention eau

$$\text{SUBO}(\text{WAT}) = (\text{CMO}(\text{WAT}) - \text{Cm1o}(\text{WAT})) * \text{VAO}(\text{WAT});$$

\* Cobb douglas entre capital, travail, terre et eau dans les secteurs IRG

$$\begin{aligned} \alpha(\text{IRG}) &= \text{wo} * \text{LDO}(\text{IRG}) / (\text{PVO}(\text{IRG}) * \text{VAO}(\text{IRG})); \\ \beta(\text{IRG}) &= \text{ro}(\text{IRG}) * \text{KDO}(\text{IRG}) / (\text{PVO}(\text{IRG}) * \text{VAO}(\text{IRG})); \\ \text{khi}(\text{IRG}) &= \text{rto} * \text{TDO}(\text{IRG}) / (\text{PVO}(\text{IRG}) * \text{VAO}(\text{IRG})); \\ \text{A\_KLTE}(\text{IRG}) &= \text{VAO}(\text{IRG}) / (\text{LDO}(\text{IRG}) * \alpha(\text{IRG}) * \text{KDO}(\text{IRG}) * \beta(\text{IRG}) * \text{TDO}(\text{IRG}) * \text{khi}(\text{IRG}) * \text{ED2O}(\text{IRG}) * (1 - \alpha(\text{IRG}) - \beta(\text{IRG}) - \text{khi}(\text{IRG}))); \end{aligned}$$

\* Production des services non marchands NTR

$$\begin{aligned} \alpha(\text{NTRK}) &= \text{wo} * \text{LDO}(\text{NTRK}) / (\text{PVO}(\text{NTRK}) * \text{VAO}(\text{NTRK})); \\ \text{A}(\text{NTRK}) &= \text{VAO}(\text{NTRK}) / (\text{LDO}(\text{NTRK}) * \alpha(\text{NTRK})); \end{aligned}$$

\* Parametres

$$\begin{aligned} \psi(\text{H}) &= \text{SMO}(\text{H}) / \text{YDMO}(\text{H}); \\ \text{aij}(\text{TR}, \text{K}) &= \text{DIO}(\text{TR}, \text{K}) / \text{CIO}(\text{K}); \\ \lambda_{\text{w}}(\text{H}) &= \lambda_{\text{w}}(\text{H}) / \sum(\text{I}, \text{wo} * \text{LDO}(\text{I})); \\ \lambda_{\text{r}}(\text{H}) &= \lambda_{\text{r}}(\text{H}) / (\sum(\text{AGR}, \text{ro}(\text{AGR}) * \text{KDO}(\text{AGR})) + \sum(\text{NAG}, \text{ro}(\text{NAG}) * \text{KDO}(\text{NAG}))); \\ \lambda_{\text{l}}(\text{H}) &= \lambda_{\text{l}}(\text{H}) / \sum(\text{AGR}, \text{rto} * \text{TDO}(\text{AGR})); \\ \lambda_{\text{re}} &= 1 - \sum(\text{H}, \lambda_{\text{r}}(\text{H})) - \lambda_{\text{row}}; \\ \lambda_{\text{row}} &= \lambda_{\text{row}} / (\sum(\text{AGR}, \text{ro}(\text{AGR}) * \text{KDO}(\text{AGR})) + \sum(\text{NAG}, \text{ro}(\text{NAG}) * \text{KDO}(\text{NAG}))); \\ \lambda_{\text{l\_wat}} &= \lambda_{\text{l\_wat}} / (\text{re1o} * \text{ED1O}(\text{"PE"}) + \text{re2o} * \text{ED2O}(\text{"RI"})); \\ \lambda_{\text{2\_wat}}(\text{H}) &= \lambda_{\text{2\_wat}}(\text{H}) / (\text{re1o} * \text{ED1O}(\text{"PE"}) + \text{re2o} * \text{ED2O}(\text{"RI"})); \\ \delta(\text{I}) &= \text{PVO}(\text{I}) * \text{VAO}(\text{I}) / \sum(\text{J}, \text{PVO}(\text{J}) * \text{VAO}(\text{J})); \end{aligned}$$

\* Autres parametres fonction de consommation

$$\text{CTMO}(\text{H}) = \text{YDMO}(\text{H}) - \text{SMO}(\text{H});$$

$$\text{YELAS}(\text{TR}, \text{H}) = \text{YELAS}(\text{TR}, \text{H}) / (\sum(\text{TRJ}, \text{YELAS}(\text{TRJ}, \text{H}) * \text{PCO}(\text{TRJ}) * \text{CO}(\text{TRJ}, \text{H})) / \text{CTMO}(\text{H}));$$

$$\begin{aligned} \gamma(\text{TR}, \text{H}) &= \text{PCO}(\text{TR}) * \text{CO}(\text{TR}, \text{H}) * \text{YELAS}(\text{TR}, \text{H}) / \text{CTMO}(\text{H}); \\ \text{V\_MIN}(\text{H}) &= (\sum(\text{TR}, \text{PCO}(\text{TR}) * \text{CO}(\text{TR}, \text{H}))) * (1 + 1 / \text{FRISCH}(\text{H})); \\ \text{C\_MIN}(\text{TR}, \text{H}) &= \text{CO}(\text{TR}, \text{H}) - \gamma(\text{TR}, \text{H}) * (\text{CTMO}(\text{H}) - \text{V\_MIN}(\text{H})) / \text{PCO}(\text{TR}); \end{aligned}$$

\* Autres prix

$$\text{PINDEXO} = \text{sum}(I, \text{PVO}(I) * \text{delta}(I)) ;$$

\*----- dynamique -----\*

$$\text{temp}(\text{TR}) = \text{RO}(\text{TR}) / \text{UO} ;$$

\* Ici, on suit l'hypothese precedente sur le taux de croissance du stock de capital

$$* \text{g1}(\text{TR}) = ((n + \text{delt}) * (0.5)) / \text{temp}(\text{TR}) ** 2 ;$$

$$\text{g1}(\text{TR}) = ((0.05) * (0.5)) / \text{temp}(\text{TR}) ** 2 ;$$

\* les 2 equations suivantes sont equivalentes avec une elasticite du taux

\* d'investissement IND/KD par rapport au rapport R/U fixe (entre 1 et 2) egal a 1.5

$$* \text{g2}(\text{TR}) = ((n + \text{delt}) * (0.5)) / \text{temp}(\text{TR}) ;$$

$$* \text{g2}(\text{TR}) = ((n + \text{delt}) - \text{g1}(\text{TR}) * \text{temp}(\text{TR}) ** 2) / (\text{temp}(\text{TR})) ;$$

$$\text{g2}(\text{TR}) = ((0.05) - \text{g1}(\text{TR}) * \text{temp}(\text{TR}) ** 2) / (\text{temp}(\text{TR})) ;$$

\*-----\*

\* Commerce exterieur

\* Exportations (CET)

$$\text{kappa}_e(\text{TRX}) = (1 + \text{tau}_e(\text{TRX})) / \text{tau}_e(\text{TRX}) ;$$

$$\text{beta}_e(\text{TRX}) = 1 / (1 + (\text{PLO}(\text{TRX}) / \text{PEO}(\text{TRX}) * (\text{EXO}(\text{TRX}) / \text{DO}(\text{TRX})) ** (\text{kappa}_e(\text{TRX}) - 1)) ;$$

$$\text{B}_e(\text{TRX}) = \text{XSO}(\text{TRX}) / (\text{beta}_e(\text{TRX}) * \text{EXO}(\text{TRX}) ** \text{kappa}_e(\text{TRX}) + (1 - \text{beta}_e(\text{TRX})) * \text{DO}(\text{TRX}) ** \text{kappa}_e(\text{TRX}) ** (1 / \text{kappa}_e(\text{TRX})) ;$$

\* Importations (CES Armington)

$$\text{rho}_m(\text{TRX}) = (1 - \text{sigma}_m(\text{TRX})) / \text{sigma}_m(\text{TRX}) ;$$

$$\text{alpha}_m(\text{TRX}) = (\text{PMO}(\text{TRX}) / \text{PDO}(\text{TRX})) * (\text{MO}(\text{TRX}) / \text{DO}(\text{TRX})) ** (1 / \text{sigma}_m(\text{TRX})) ;$$

$$\text{alpha}_m(\text{TRX}) = \text{alpha}_m(\text{TRX}) / (1 + \text{alpha}_m(\text{TRX})) ;$$

$$\text{A}_m(\text{TRX}) = \text{QO}(\text{TRX}) / (\text{alpha}_m(\text{TRX}) * \text{MO}(\text{TRX}) ** (-\text{rho}_m(\text{TRX})) + (1 - \text{alpha}_m(\text{TRX})) * \text{DO}(\text{TRX}) ** (-\text{rho}_m(\text{TRX})) ** (-1 / \text{rho}_m(\text{TRX})) ;$$

$$\begin{aligned} \text{SRO} &= \text{eo} * \text{sum}(\text{TRX}, \text{PWMO}(\text{TRX}) * \text{MO}(\text{TRX})) \\ &+ \text{lambda\_row} * \text{sum}(\text{TR}, \text{ro}(\text{TR}) * \text{KDO}(\text{TR})) \\ &+ \text{TEWO} + \text{TGWO} - \text{eo} * \text{sum}(\text{TRX}, \text{PWEO}(\text{TRX}) * \text{EXO}(\text{TRX})) \\ &- \text{sum}(\text{H}, \text{TWMO}(\text{H})) - \text{TWGO} ; \end{aligned}$$

\*===== FIN DU CALIBRAGE=====\*

\*===== MODELE=====\*

\*-----Definition des variables-----\*

VARIABLES

\* Nouvelles variables pour dynamique

PK(T) Prix de renouvellement du capital

U(T) Cout d'usage du capital

IND(TR,T) Investissement par destination

\* Variable chomage

un(T) Chomage

\* Subvention eau pour simulation tarification au cout marginal

SUB(WAT,T) Subvention eau

\* Variables du secteur de production d'eau potable

KL(WAT,T) Facteur composite KL dans la production d'eau potable WAT

PKL(T) Prix du facteur composite dans la production d'eau potable WAT

CM(WAT,T) Cout moyen de production de l'eau potable WAT

Cm1(WAT,T) Cout marginal de production de l'eau potable WAT

CT(WAT,T) Cout total de production d'eau potable WAT

\* Prix

w(T)	Taux de salaire
r(TR,T)	Taux de remuneration du capital dans le secteur agricole
rt(T)	Taux de remuneration de la terre dans le secteur agricole
re1(T)	Taux de remuneration de l'eau primaire dans la production d'eau potable
re2(T)	Taux de remuneration de l'eau primaire dans le riz irrigue
P(I,T)	Prix au producteur sur l'ensemble de ses ventes de la branche J
PV(I,T)	Prix de la valeur ajoutee de la branche J
PD(TR,T)	Prix de marche du produit local TR vendu sur le marche interieur
PL(TR,T)	Prix recu par le producteur pour ses ventes du produit TR sur le marche interieur
PC(TR,T)	Prix de marche du produit composite TR
PE(TRX,T)	Prix recu par le producteur a l'exportation du produit TRX
PM(TRX,T)	Prix interieur de marche du produit importe TRX
PWM(TRX,T)	Prix international en devises du produit importe TRX
PWE(TRX,T)	Prix des exportations libelle en devises du produit TRX
PINDEX(T)	Indice du prix du PIB au cout des facteurs
e(T)	Taux de change exterieur nominal

\* production

XS(I,T)	Production totale de la branche J
VA(I,T)	Valeur ajoutee de la branche J
DI(TR,K,T)	Demande intermediaire de produit I par la branche K
CI(K,T)	Consommation intermediaire totale de la branche K

\* facteurs

KD(TR,T)	Demande de capital dans le secteur TR
TSA(T)	Offre totale de terre
TD(AGR,T)	Demande de terre dans le secteur agricole AGR
LS(T)	Offre totale de travail
LD(I,T)	Demande travail dans la branche J
ED1(WAT,T)	Demande d'eau primaire dans le secteur WAT
ED2(IRG,T)	Demande d'eau primaire dans le secteur IRG

\* demande

C(TR,H,T)	Consommation du menage H du produit TR
CTM(H,T)	Consommation totale des menages
INV(TR,T)	Demande d'investissement en produit TR (volume)
IT(T)	Investissement total
G(T)	Consommation publique
DIT(TR,T)	Demande intermediaire totale en produit TR
D(TR,T)	Ventes locales du produit TR
Q(TR,T)	Offre totale de produit TR

\* commerce exterieur

M(TRX,T)	Importations du produit TRX
EX(TRX,T)	Exportations du produit TRX

\* revenus et epargnes

YM(H,T)	Revenu des menages H
YDM(H,T)	Revenu disponible des menages H
YE(T)	Revenu des entreprises
YG(T)	Recettes courantes totales du gouvernement
SM(H,T)	Epargne des menages H
SE(T)	Epargne des entreprises
DIV(H,T)	Interets et dividendes verses par les entreprises aux menages H
TEW(T)	Interets et dividendes verses par les entreprises au reste du monde
TGM(H,T)	Transferts du gouvernement aux menages H
TGW(T)	Transferts du gouvernement au reste du monde
TWM(H,T)	Transferts du reste du monde aux menages H
RTF(H,HJ,T)	Transferts intermenages
TWG(T)	Transferts du reste du monde au gouvernement
TI(TR,T)	Impots indirects grevant la production de la branche TR
TIM(TRX,T)	Recettes douanieres a l'importation du produit TRX (droits de douane)
TDM(H,T)	Imposition directe du revenu des menages H
TDE(T)	Imposition directe du revenu des entreprises

\* Autres equations

EV(H,T)	Variation equivalente de revenu des menages H
LEON(T)	Verification de la loi de walras

OMEGA Objective variable  
 SR(T) Deficit courant de la balance des paiements extérieurs  
 SG(T) Epargne du gouvernement

;

\*-----Definition des equations-----\*

#### EQUATIONS

SUBEAU(WAT,T) Subvention eau  
 KLCOMP(WAT,T) Composite KL dans WAT  
 PRICEKL(WAT,T) Prix du facteur composite KL du secteur WAT  
 PRICEVA1(WAT,T) Prix de la valeur ajoutée du secteur WAT  
 PRICEVA2(WAT,T) FPP du secteur WAT  
 MARGCOST(WAT,T) Cout marginal de production de l'eau potable WAT  
 AVERAGECOST(WAT,T) Cout moyen de production de l'eau potable WAT  
 TOTALCOST(WAT,T) Cout total de production d'eau potable WAT

#### \* Production

SUPPLY1(WAT,T) Production du secteur de production d'eau potable WA  
 SUPPLY(K,T) Production du secteur K  
 VAD1(NWAT,T) Valeur ajoutée des secteurs NWAT  
 VAD2(NIRG,T) Valeur ajoutée des secteurs NIRG  
 VAD4(IRG,T) Valeur ajoutée des secteurs IRG  
 VAD5(NTR,T) Valeur ajoutée des services non marchands  
 CIEQ(K,T) Consommation intermédiaire totale du secteur K  
 DIEQ(TR,K,T) Consommation intermédiaire du bien TR par le secteur K  
 LDEM1(NWAT,T) Demande de travail dans les secteurs NWAT  
 LDEM2(NIRG,T) Demande de travail dans les secteurs NIRG  
 LDEM3(WAT,T) Demande de travail dans les secteurs WAT  
 LDEM4(IRG,T) Demande de travail dans les secteurs IRG  
 LDEM5(NTRK,T) Demande de travail dans le secteur des services non marchands  
 TDEM1(NIRG,T) Demande de terre dans les secteurs NIRG  
 TDEM2(IRG,T) Demande de terre dans les secteurs IRG  
 EDEM1(WAT,T) Demande d'eau primaire dans le secteur WAT  
 EDEM2(IRG,T) Demande d'eau primaire dans le secteur IRG

#### \* Revenus et epargnes

INCM(H,T) Revenu des menages H  
 INCDM(H,T) Revenu disponible des menages H  
 INCE(T) Revenu des entreprises  
 SAVEM(H,T) Epargne des menages H  
 SAVE(T) Epargne des entreprises  
 INCG(T) Revenu du gouvernement  
 SAVG(T) Epargne du gouvernement

#### \* Taxes

INDTAX1(TRX,T) Recettes des taxes indirectes sur les produits TRX  
 INDTAX2(NTRX,T) Recettes des taxes indirectes sur les produits NTRX  
 IMDUTY(TRX,T) Recettes liées aux importations (droits de douane) sur les produits TRX  
 DIRTAXM(H,T) Recettes des taxes directes sur le revenu des menages H  
 DIRTAXE(T) Recettes des taxes directes sur le revenu des entreprises

#### \* Demande

CTMEQ(H,T) Consommation totale des menages H  
 CONSM(TR,H,T) Consommation des menages H en produit TR  
 INVEST(TR,T) Investissement en produit TR  
 INTDEM(TR,T) Demande de consommation intermédiaire en produit TR  
 CONSG(T) Consommation publique

#### \* Prix

PRVA(K,T) Prix de la valeur ajoutée du secteur K  
 RETK1(WAT,T) Taux de remuneration du capital dans le secteur WAT  
 RETK2(NWAT,T) Taux de remuneration du capital dans les secteurs NWAT  
 RETK3(NIRG,T) Taux de remuneration du capital dans les secteurs NIRG  
 RETK4(IRG,T) Taux de remuneration du capital dans le secteur IRG  
 PRDL1(TRX,T) Prix domestique de marche du produit TRX  
 PRDL2(NTRX,T) Prix domestique de marche du produit NTRX  
 PRM(TRX,T) Prix a l'importation du produit TRX  
 PRE(TRX,T) Prix a l'exportation du produit TRX  
 PRL1(TRX,T) Prix reçu par le producteur pour ses ventes de produit TRX sur le marche interieur

PRL2(NTRX,T) Prix reçu par le producteur pour ses ventes de produits NTRX sur le marché intérieur  
 PRP1(TRX,T) Prix au producteur du produit TRX  
 PRP2(NTRX,T) Prix au producteur du produit NTRX  
 PPIB(T) Prix du PIB au coût des facteurs

\* Commerce extérieur

CET(TRX,T) Relation entre les ventes domestiques et les exportations des produits TRX  
 Product(NTRX,T) Production égale ventes locales pour les produits NTRX  
 EXPORTS(TRX,T) Exportations du produit TRX  
 ARMING(TRX,T) CES entre les importations et les biens domestiques pour les biens TRX  
 Offre(NTRX,T) Offre totale égale ventes domestiques pour les produits NTRX  
 IMPORT(TRX,T) Importations du produit TRX  
 CURACC(T) Balance extérieure

\* Equilibres

DOMABS(Good,T) Absorption domestique des biens  
 DOMABS2(T) Absorption domestique des services marchands non intensifs en eau  
 LEQUI(T) Equilibre du marché du travail  
 TEQUI(T) Equilibre du marché de la terre  
 ISEQUI(T) Equilibre entre épargne et investissement

\* Autres

EVEQ(H,T) Calcul de la Variation Equivalente  
 WALRAS(T) Vérification de la loi de Walras  
 OBJ Fonction objectif

\*----- chômage-----\*

eff1(T) Contrainte incitative (salaire d'efficacité)

\*-----Equations dynamiques-----\*

ACCUM(TR,T) Accumulation du capital  
 DEMOG(T) Taux de croissance de la population active  
 USAGE(T) Coût d'usage du capital  
 INVSP(T) Coût de renouvellement du capital  
 INVSD(TR,T) Fonction de demande d'investissement  
 new(T) Equilibre de l'investissement  
 ;

\*\*\*\*\* Equations \*\*\*\*\*

\*----- Equations dynamiques-----\*

ACCUM(TR,T+1)..  $KD(TR,T+1) = E= KD(TR,T) \cdot (1 - \text{delt}) + IND(TR,T);$   
 DEMOG(T+1)..  $LS(T+1) = E= LS(T) \cdot (1+n);$   
 USAGE(T)..  $U(T) = E= PK(T) \cdot (ir + \text{delt});$   
 INVSP(T)..  $PK(T) = E= \text{SUM}(TR, PC(TR,T) \cdot \mu(TR));$   
 INVSD(TR,T)..  $IND(TR,T)/KD(TR,T) = E= g1(TR) \cdot (R(TR,T)/U(T))^{**2} + g2(TR) \cdot R(TR,T)/U(T);$   
 new(t)..  $IT(T) = E= PK(T) \cdot \text{SUM}(TR, IND(TR,T));$

\*----- Equations secteur de production d'eau potable -----\*

\* Simulation coût marginal

\*SUBEAU(WAT,T)..  $SUB(WAT,T) = E= (CM(WAT,T) - Cm1(WAT,T)) \cdot VA(WAT,T);$

\* Coût moyen année de base

SUBEAU(WAT,T)..  $SUB(WAT,T) = E= (CM(WAT,T) - CM(WAT,T)) \cdot VA(WAT,T);$

SUPPLY1(WAT,T)..  $XS(WAT,T) = E= VA(WAT,T);$

KLCOMP(WAT,T)..  $KL(WAT,T) = E= (\alpha\_KLE(WAT)/s(WAT)) \cdot (CM(WAT,T)/PKL(T)) \cdot VA(WAT,T);$

EDEM1(WAT,T)..  $ED1(WAT,T) = E= ((s(WAT) - \alpha\_KLE(WAT))/s(WAT)) \cdot (CM(WAT,T)/re1(T)) \cdot VA(WAT,T);$

LDEM3(WAT,T)..  $LD(WAT,T) = E= (\alpha\_KL(WAT) \cdot PKL(T) \cdot KL(WAT,T))/w(T);$

RETK1(WAT,T)..  $R(WAT,T) \cdot KD(WAT,T) = E= PKL(T) \cdot KL(WAT,T) - w(T) \cdot LD(WAT,T);$

PRICEKL(WAT,T)..  $PKL(T) = E = (1/A\_KLE(WAT)) * (r(WAT,T)/beta\_KL(WAT))^{**} beta\_KL(WAT) * (w(T)/alpha\_KL(WAT))^{**} alpha\_KL(WAT) ;$

PRICEVA1(WAT,T)..  $PV(WAT,T) = E = P(WAT,T);$

\* Simulation cout marginal  
\*PRICEVA2(WAT,T)..  $PV(WAT,T) = E = Cm1(WAT,T) ;$

\* Cout moyen année de base  
PRICEVA2(WAT,T)..  $PV(WAT,T) = E = CM(WAT,T) ;$

MARGCOST(WAT,T)..  $Cm1(WAT,T) = E = (1/s(WAT)) * VA(WAT,T)^{**} ((1/s(WAT))-1) * A\_KLE(WAT)^{**} (-1/s(WAT)) * PKL(T) * (alpha\_KLE(WAT)/s(WAT)) * re1(T) * (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) * (alpha\_KLE(WAT)/(s(WAT)-alpha\_KLE(WAT))) * (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) * (s(WAT)/alpha\_KLE(WAT));$

AVERAGECOST(WAT,T)..  $CM(WAT,T) = E = VA(WAT,T)^{**} ((1/s(WAT))-1) * A\_KLE(WAT)^{**} (-1/s(WAT)) * PKL(T) * (alpha\_KLE(WAT)/s(WAT)) * re1(T) * (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) * (alpha\_KLE(WAT)/(s(WAT)-alpha\_KLE(WAT))) * (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) * (s(WAT)/alpha\_KLE(WAT));$

TOTALCOST(WAT,T) ..  $CT(WAT,T) = E = (VA(WAT,T)/A\_KLE(WAT))^{**} (1/s(WAT)) * PKL(T) * (alpha\_KLE(WAT)/s(WAT)) * re1(T) * (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) * (alpha\_KLE(WAT)/(s(WAT)-alpha\_KLE(WAT))) * (1-(alpha\_KLE(WAT)/s(WAT))) * (s(WAT)/alpha\_KLE(WAT));$

\* Production

SUPPLY(K,T)..  $XS(K,T) = E = VA(K,T)/v(K) ;$

VAD1(NWAT,T)..  $VA(NWAT,T) = E = A\_KL(NWAT) * LD(NWAT,T)^{**} alpha(NWAT) * KD(NWAT,T) * (1-alpha(NWAT)) ;$

VAD2(NIRG,T)..  $VA(NIRG,T) = E = A\_KLT(NIRG) * LD(NIRG,T)^{**} alpha(NIRG) * KD(NIRG,T) * beta(NIRG) * TD(NIRG,T)^{**} (1-alpha(NIRG)-beta(NIRG)) ;$

VAD4(IRG,T)..  $VA(IRG,T) = E = A\_KLTE(IRG) * LD(IRG,T)^{**} alpha(IG) * KD(IG,T) * beta(IG) * TD(IG,T)^{**} khi(IG) * ED2(IG,T)^{**} (1-alpha(IG)-beta(IG)-khi(IG)) ;$

VAD5(NTR,T)..  $VA(NTR,T) = E = LD(NTR,T) ;$

CIEQ(K,T)..  $CI(K,T) = E = io(K) * XS(K,T) ;$

DIEQ(TR,K,T)..  $DI(TR,K,T) = E = aij(TR,K) * CI(K,T) ;$

LDEM1(NWAT,T)..  $LD(NWAT,T) = E = (alpha(NWAT) * PV(NWAT,T) * VA(NWAT,T)) / w(T) ;$

LDEM2(NIRG,T)..  $LD(NIRG,T) = E = (alpha(NIRG) * PV(NIRG,T) * VA(NIRG,T)) / w(T) ;$

LDEM4(IG,T)..  $LD(IG,T) = E = (alpha(IG) * PV(IG,T) * VA(IG,T)) / w(T);$

LDEM5(NTRK,T)..  $LD(NTRK,T) = E = (P(NTRK,T) * XS(NTRK,T) - sum(TR,DI(TR,NTRK,T) * PC(TR,T))) / w(T) ;$

TDEM1(NIRG,T)..  $TD(NIRG,T) = E = ((1-alpha(NIRG)-beta(NIRG)) * PV(NIRG,T) * VA(NIRG,T)) / rt(T) ;$

TDEM2(IG,T)..  $TD(IG,T) = E = (khi(IG) * PV(IG,T) * VA(IG,T)) / rt(T);$

EDEM2(IG,T)..  $ED2(IG,T) = E = ((1-alpha(IG)-beta(IG)-khi(IG)) * PV(IG,T) * VA(IG,T)) / re2(T) ;$

\* Revenus et epargnes

$$\text{INCM}(H,T).. \quad \text{YM}(H,T) = E = \lambda_w(H) * w(T) * \text{sum}(I, LD(I, T)) + \lambda_r(H) * \text{sum}(TR, r(TR, T) * KD(TR, T)) + \lambda_l(H) * \text{sum}(AGR, rt(T) * TD(AGR, T)) + \lambda_{wat}(H) * (\text{re1}(T) * ED1("PE", T) + \text{re2}(T) * ED2("RI", T)) + \text{TGM}(H, T) + \text{DIV}(H, T) + \text{TWM}(H, T) + \text{sum}(HJ, \text{RTF}(H, HJ, T)) ;$$

$$\text{INCDM}(H,T).. \quad \text{YDM}(H,T) = E = \text{YM}(H,T) - \text{TDM}(H,T) - \text{sum}(HJ, \text{RTF}(HJ, H, T)) ;$$

$$\text{INCE}(T).. \quad \text{YE}(T) = E = \lambda_{re} * \text{sum}(TR, r(TR, T) * KD(TR, T)) ;$$

$$\text{SAVEM}(H,T).. \quad \text{SM}(H,T) = E = \psi(H) * \text{YDM}(H,T) ;$$

$$\text{SAVE}(T).. \quad \text{SE}(T) = E = \text{YE}(T) - \text{sum}(H, \text{DIV}(H, T)) - \text{TDE}(T) - \text{TEW}(T) ;$$

$$\text{INCG}(T).. \quad \text{YG}(T) = E = \lambda_{wat} * (\text{re1}(T) * ED1("PE", T) + \text{re2}(T) * ED2("RI", T)) + \text{sum}(TRX, \text{TIM}(TRX, T)) + \text{sum}(TR, \text{TI}(TR, T)) + \text{sum}(H, \text{TDM}(H, T)) + \text{TDE}(T) + \text{TWG}(T) ;$$

$$\text{SAVG}(T).. \quad \text{SG}(T) = E = \text{YG}(T) - \text{G}(T) - \text{sum}(H, \text{TGM}(H, T)) - \text{TGW}(T) - \text{SUB}("PE", T) ;$$

\* Taxes

$$\text{INDTAX1}(TRX,T).. \quad \text{TI}(TRX,T) = E = \text{tx}(TRX) * (\text{P}(TRX, T) * \text{XS}(TRX, T) - \text{PE}(TRX, T) * \text{EX}(TRX, T)) + \text{tx}(TRX) * (1 + \text{tm}(TRX)) * e(T) * \text{PWM}(TRX, T) * \text{M}(TRX, T) ;$$

$$\text{INDTAX2}(NTRX,T).. \quad \text{TI}(NTRX,T) = E = \text{tx}(NTRX) * \text{P}(NTRX, T) * \text{XS}(NTRX, T) ;$$

$$\text{IMDUTY}(TRX,T).. \quad \text{TIM}(TRX,T) = E = \text{tm}(TRX) * \text{PWM}(TRX, T) * e(T) * \text{M}(TRX, T) ;$$

$$\text{DIRTAXM}(H,T).. \quad \text{TDM}(H,T) = E = \text{ty}(H) * \text{YM}(H, T) ;$$

$$\text{DIRTAXE}(T).. \quad \text{TDE}(T) = E = \text{tye} * \text{YE}(T) ;$$

\* Demande

$$\text{CTMEQ}(H,T).. \quad \text{CTM}(H,T) = E = \text{YDM}(H, T) - \text{SM}(H, T) ;$$

$$\text{CONSM}(TR,H,T).. \quad \text{C}(TR,H,T) * \text{PC}(TR, T) = E = C_{\text{MIN}}(TR, H) * \text{PC}(TR, T) + \gamma(TR, H) * (\text{CTM}(H, T) - \text{sum}(TRJ, C_{\text{MIN}}(TRJ, H) * \text{PC}(TRJ, T))) ;$$

$$\text{INVEST}(TR,T).. \quad \text{INV}(TR, T) = E = \mu(TR) * \text{IT}(T) / \text{PC}(TR, T) ;$$

$$\text{INTDEM}(TR,T).. \quad \text{DIT}(TR, T) = E = \text{sum}(K, \text{DI}(TR, K, T)) ;$$

$$\text{CONSG}(T).. \quad \text{G}(T) = E = \text{XS}("SNM", T) * \text{P}("SNM", T) ;$$

\* Prix

$$\text{PRVA}(K,T).. \quad \text{PV}(K, T) = E = (\text{P}(K, T) * \text{XS}(K, T) - \text{sum}(TR, \text{DI}(TR, K, T) * \text{PC}(TR, T))) / \text{VA}(K, T) ;$$

$$\text{RETK2}(NWAT,T).. \quad \text{R}(NWAT, T) = E = (\text{PV}(NWAT, T) * \text{VA}(NWAT, T) - w(T) * \text{LD}(NWAT, T)) / \text{KD}(NWAT, T) ;$$

$$\text{RETK3}(NIRG,T).. \quad \text{R}(NIRG, T) * \text{KD}(NIRG, T) = E = \text{PV}(NIRG, T) * \text{VA}(NIRG, T) - w(T) * \text{LD}(NIRG, T) - \text{rt}(T) * \text{TD}(NIRG, T) ;$$

$$\text{RETK4}(IRG,T).. \quad \text{R}(IRG, T) * \text{KD}(IRG, T) = E = \text{PV}(IRG, T) * \text{VA}(IRG, T) - w(T) * \text{LD}(IRG, T) - \text{rt}(T) * \text{TD}(IRG, T) - \text{re2}(T) * \text{ED2}(IRG, T) ;$$

$$\text{PRDL1}(TRX,T).. \quad \text{PC}(TRX, T) * \text{Q}(TRX, T) = E = \text{PD}(TRX, T) * \text{D}(TRX, T) + \text{PM}(TRX, T) * \text{M}(TRX, T) ;$$

$$\text{PRDL2}(NTRX,T).. \quad \text{PC}(NTRX, T) * \text{Q}(NTRX, T) = E = \text{PD}(NTRX, T) * \text{D}(NTRX, T) ;$$

$$\text{PRM}(TRX,T).. \quad \text{PM}(TRX, T) = E = e(T) * \text{PWM}(TRX, T) * (1 + \text{tm}(TRX)) * (1 + \text{tx}(TRX)) ;$$

$$\text{PRE}(TRX,T).. \quad \text{PE}(TRX, T) = E = e(T) * \text{PWE}(TRX, T) ;$$

$$\text{PRL1}(TRX,T).. \quad \text{PL}(TRX, T) * (1 + \text{tx}(TRX)) = E = \text{PD}(TRX, T) ;$$

$$\text{PRL2}(NTRX,T).. \quad \text{PL}(NTRX, T) * (1 + \text{tx}(NTRX)) = E = \text{PD}(NTRX, T) ;$$

$$\text{PRP1}(TRX,T).. \quad \text{P}(TRX, T) * \text{XS}(TRX, T) = E = \text{PL}(TRX, T) * \text{D}(TRX, T) + \text{PE}(TRX, T) * \text{EX}(TRX, T) ;$$

```

PRP2(NTRX,T)..    P(NTRX,T)*XS(NTRX,T) =E= PL(NTRX,T)*D(NTRX,T) ;

PIIB(T)..        PINDEX(T) =E= sum(I,PV(I,T)*delta(I)) ;

* Commerce exterieur

CET(TRX,T)..     XS(TRX,T) =E= B_e(TRX)*(beta_e(TRX)*EX(TRX,T)**kappa_e(TRX) +
                (1-beta_e(TRX))*D(TRX,T)**kappa_e(TRX)**(1/kappa_e(TRX))) ;

Product(NTRX,T).. XS(NTRX,T) =E= D(NTRX,T) ;

EXPORTS(TRX,T).. EX(TRX,T) =E= ((PE(TRX,T)/PL(TRX,T))**tau_e(TRX)
                *((1-beta_e(TRX))/beta_e(TRX))**tau_e(TRX))*D(TRX,T) ;

ARMING(TRX,T)..  Q(TRX,T) =E= A_m(TRX)*(alpha_m(TRX)*M(TRX,T)**(-rho_m(TRX))
                + (1-alpha_m(TRX))*D(TRX,T)**(-rho_m(TRX)))*(-1/rho_m(TRX)) ;

Offre(NTRX,T)..  Q(NTRX,T) =E= D(NTRX,T) ;

IMPORT(TRX,T)..  M(TRX,T) =E= ((alpha_m(TRX)/(1-alpha_m(TRX)))**(sigma_m(TRX))
                *(PD(TRX,T)/PM(TRX,T))**sigma_m(TRX))*D(TRX,T) ;

CURACC(T)..      SR(T) =E= e(T)*sum(TRX,PWM(TRX,T)*M(TRX,T))
                + lambda_row*sum(TR,r(TR,T)*KD(TR,T))
                + TEW(T) + TGW(T) - e(T)*sum(TRX,PWE(TRX,T)*EX(TRX,T))
                - sum(H,TWM(H,T)) - TWG(T) ;

* Equilibres

DOMABS(Good,T).. Q(Good,T) =E= sum(H,C(Good,H,T)) + DIT(Good,T) + INV(Good,T) ;

DOMABS2(T)..     Q("SMNIE",T) =E= sum(H,C("SMNIE",H,T)) + DIT("SMNIE",T) + INV("SMNIE",T);

LEQUI(T)..       LS(T) =E= sum(I,LD(I,T))+ un(T)*LS(T) ;

TEQUI(T)..       TSA(T) =E= sum(AGR,TD(AGR,T)) ;

ISEQUI(T)..      IT(T) =E= sum(H,SM(H,T)) + SE(T) + SG(T) + SR(T) ;

* Autres equations

EVEQ(H,T)..      EV(H,T) =E= PROD(TR,(PCO(TR)/PC(TR,T))**gamma(TR,H))
                *(CTM(H,T)-sum(TRJ,C_MIN(TRJ,H)*PC(TRJ,T)))
                -(CTMO(H)-sum(TRJ,C_MIN(TRJ,H)*PCO(TRJ))) ;

WALRAS(T)..      LEON(T) =E= Q("SMIE",T) - sum(H,C("SMIE",H,T)) - DIT("SMIE",T)
                - INV("SMIE",T) ;

OBJ..            OMEGA =E= 1000 ;

eff1(T)..        w(T) =E= ee + (ee/qq)*(bb/un(T)+rr) ;

*----- Initialisation des variables-----*

* Simulation Cm
*SUB.L(WAT,T) = SUBO(WAT);

*Cout moyen année de base
SUB.L(WAT,T) = 0;

un.L(T)          = uno;

KL.L(WAT,T)     = KLO(WAT);
PKL.L(T)        = PKLO;
CM.L(WAT,T)     = CMO(WAT);
Cm1.L(WAT,T)   = Cm1o(WAT);
CT.L(WAT,T)     = CTO(WAT);

w.L(T)          = wo;
r.L(TR,T)       = ro(TR);
rt.L(T)         = rto;
re1.L(T)        = re1o;
re2.L(T)        = re2o;
P.L(I,T)        = PO(I);
PV.L(I,T)       = PVO(I);
PD.L(TR,T)      = PDO(TR);

```

PL.L(TR,T) = PLO(TR);  
 PC.L(TR,T) = PCO(TR);  
 PE.L(TRX,T) = PEO(TRX);  
 PM.L(TRX,T) = PMO(TRX);  
 PWM.L(TRX,T) = PWMO(TRX);  
 PWE.L(TRX,T) = PWEO(TRX);  
 PINDEX.L(T) = PINDEXO;  
 e.L(T) = eo;

XS.L(I,T) = XSO(I);  
 VA.L(I,T) = VAO(I);  
 DIL(TR,K,T) = DIO(TR,K);  
 CIL(K,T) = CIO(K);

TSA.L(T) = TSAO;  
 TD.L(AGR,T) = TDO(AGR);  
 LS.L(T) = LSO;  
 LD.L(I,T) = LDO(I);  
 ED1.L(WAT,T) = ED1O(WAT);  
 ED2.L(IRG,T) = ED2O(IRG);

C.L(TR,H,T) = CO(TR,H);  
 CTM.L(H,T) = CTMO(H);  
 INV.L(TR,T) = INVO(TR);  
 IND.L(TR,T) = INDO(TR);  
 IT.L(T) = ITO;  
 G.L(T) = GO;  
 DIT.L(TR,T) = DITO(TR);  
 D.L(TR,T) = DO(TR);  
 Q.L(TR,T) = QO(TR);

ML(TRX,T) = MO(TRX);  
 EX.L(TRX,T) = EXO(TRX);

YM.L(H,T) = YMO(H);  
 YDM.L(H,T) = YDMO(H);  
 YE.L(T) = YEO;  
 YG.L(T) = YGO;  
 SM.L(H,T) = SMO(H);  
 SE.L(T) = SEO;  
 SG.L(T) = SGO;  
 DIV.L(H,T) = DIVO(H);  
 TEW.L(T) = TEWO;  
 TGM.L(H,T) = TGMO(H);  
 TGW.L(T) = TGWO;  
 TWML(H,T) = TWMO(H);  
 RTF.L(H,HJ,T) = RTFO(H,HJ);  
 TWG.L(T) = TWGO;  
 TIL(TR,T) = TIO(TR);  
 TIM.L(TRX,T) = TIMO(TRX);  
 TDM.L(H,T) = TDMO(H);  
 TDE.L(T) = TDEO;

LEON.L(T) = 0;  
 OMEGA.L = 1000;  
 EV.L(H,T) = 0;

PK.L(T) = PKO;  
 U.L(T) = UO;  
 KD.L(TR,T) = KDO(tr);

\*-----Fermeture du modele-----\*

\*e (taux de change) est le numeraire, travail capital et terre mobiles,

\*depenses publiques fixes, et SR fixe

TSA.FX(T) = TSAO;  
 ED1.FX("PE",T) = ED1O("PE");  
 ED2.FX("RI",T) = ED2O("RI");  
 DIV.FX(H,T) = DIVO(H);  
 TEW.FX(T) = TEWO;  
 TGM.FX(H,T) = TGMO(H);  
 G.FX(T) = GO;  
 PWM.FX(TRX,T) = PWMO(TRX);  
 PWE.FX(TRX,T) = PWEO(TRX);  
 e.FX(T) = eo;

TWM.FX(H,T) = TWMO(H);  
 TWG.FX(T) = TWGO;  
 RTF.FX(H,HJ,T) = RTFO(H,HJ);  
 TGW.FX(T) = TGWO;

SR.L(T) = SRO;  
 SG.L(T) = SGO;

LS.FX(T1) = LSO;  
 KD.FX(TR,T1) = KDO(TR);

\*=====Simulations=====\*

\* simulation de variations climatiques  
 \* scenario choc climatique

\$ontext

ED2.FX("RI",T1) = 1.3\*ED2O("RI");  
 ED1.FX("PE",T1) = 1.3\*ED1O("PE");  
 ED2.FX("RI",T2) = 1.3\*ED2O("RI");  
 ED1.FX("PE",T2) = 1.3\*ED1O("PE");  
 ED2.FX("RI",T3) = 1.3\*ED2O("RI");  
 ED1.FX("PE",T3) = 1.3\*ED1O("PE");

ED2.FX("RI",T7) = 0.7\*ED2O("RI");  
 ED1.FX("PE",T7) = 0.7\*ED1O("PE");  
 ED2.FX("RI",T8) = 0.7\*ED2O("RI");  
 ED1.FX("PE",T8) = 0.7\*ED1O("PE");  
 ED2.FX("RI",T9) = 0.7\*ED2O("RI");  
 ED1.FX("PE",T9) = 0.7\*ED1O("PE");

\$offtext

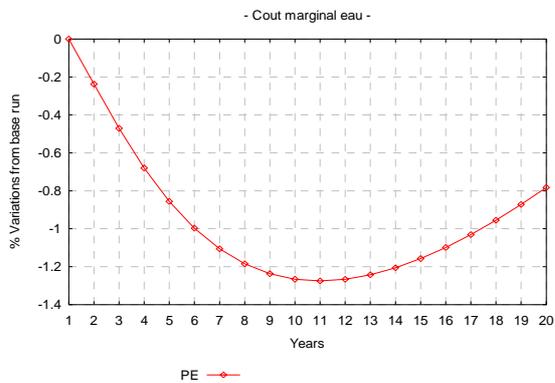
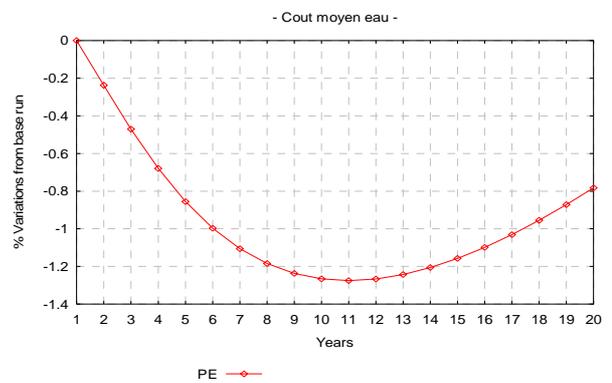
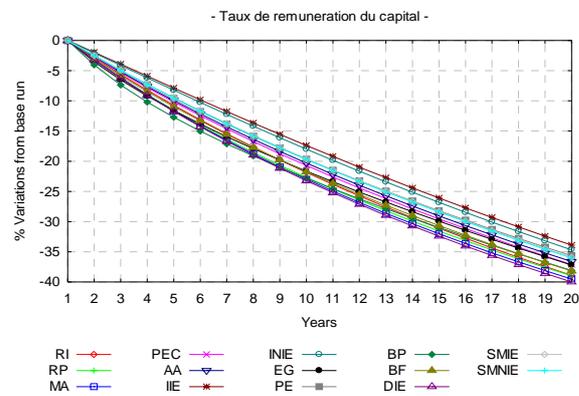
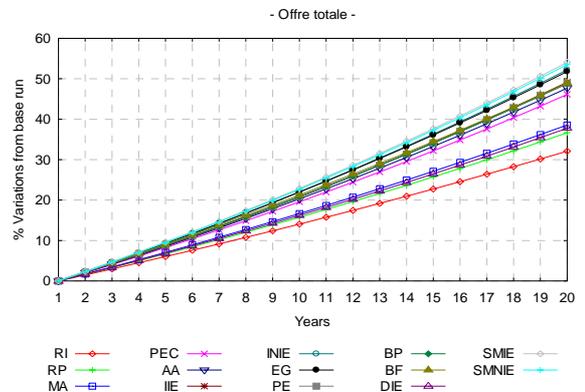
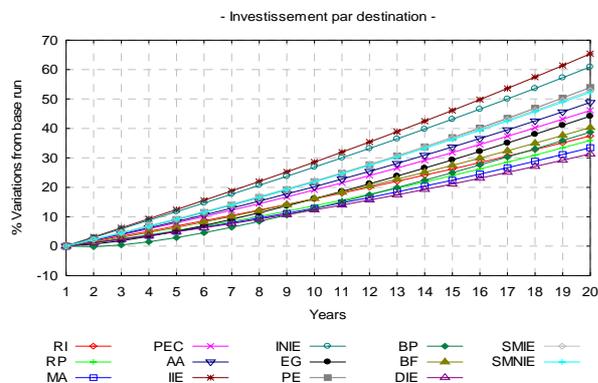
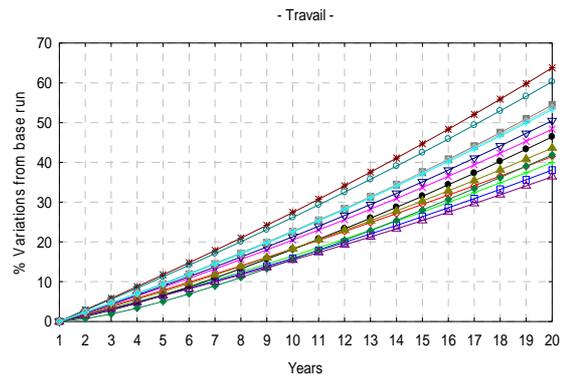
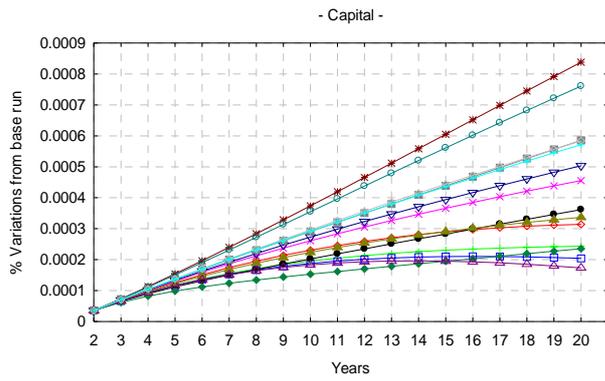
\* simulation tarification de l'eau potable au cout marginal

\* SUBEAU(WAT,T).. SUB(WAT,T) =E= (CM(WAT,T)-Cm1(WAT,T))\*VA(WAT,T);  
 \* PRICEVA2(WAT,T).. PV(WAT,T) =E= Cm1(WAT,T) ;  
 \* SUB.L(WAT,T) = SUBO(WAT);

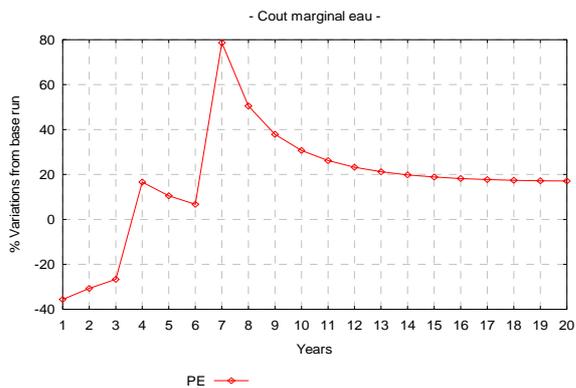
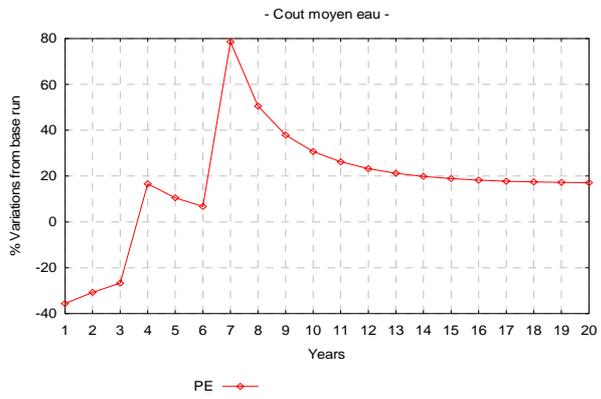
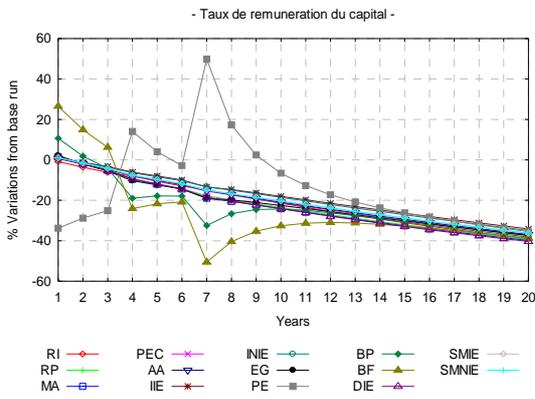
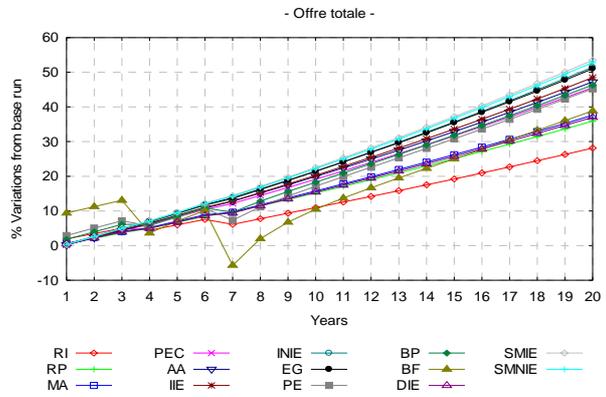
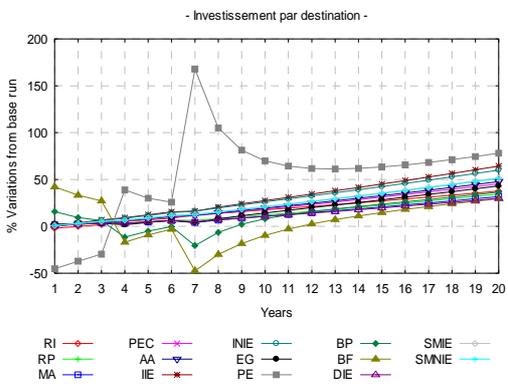
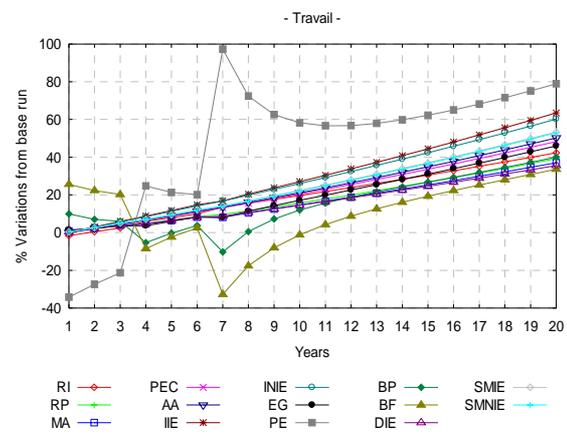
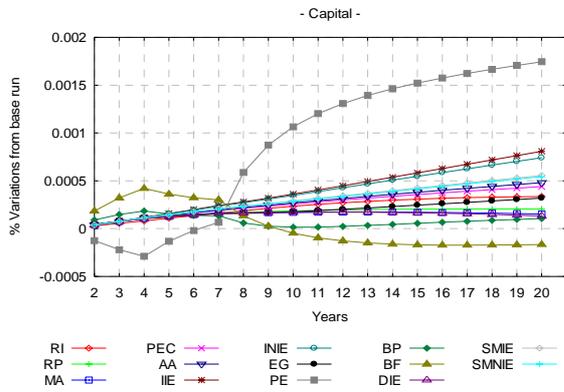
\*===== Execution du modele=====\*

OPTION decimals = 8;  
 MODEL SENEAUdynamique Petite economie avec gouvernement /ALL/;  
 SENEAUdynamique.HOLDFIXED=1;  
 SOLVE SENEAUdynamique USING MCP;

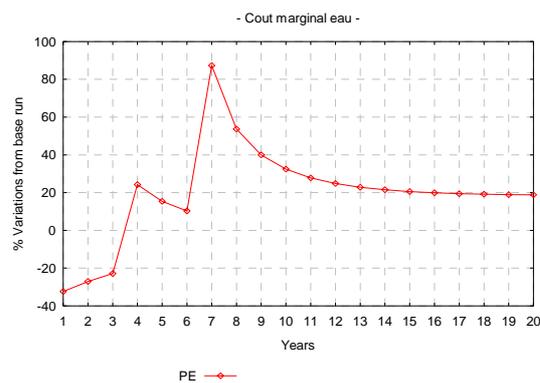
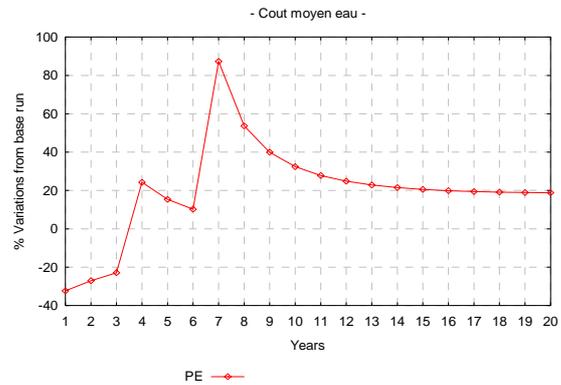
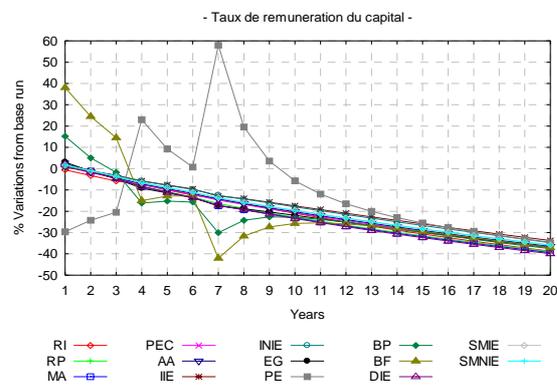
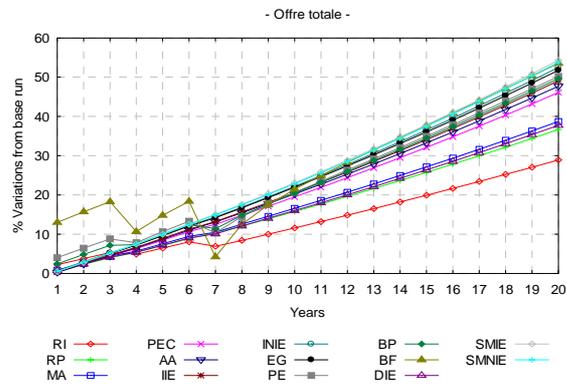
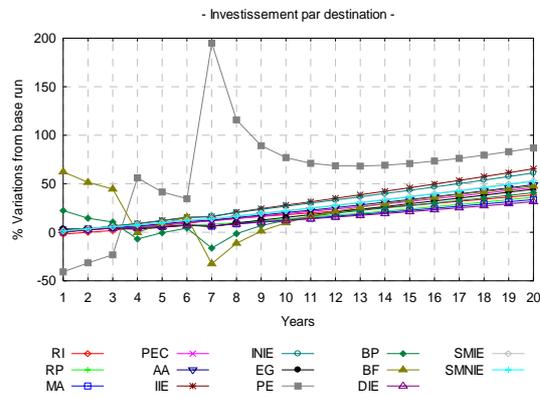
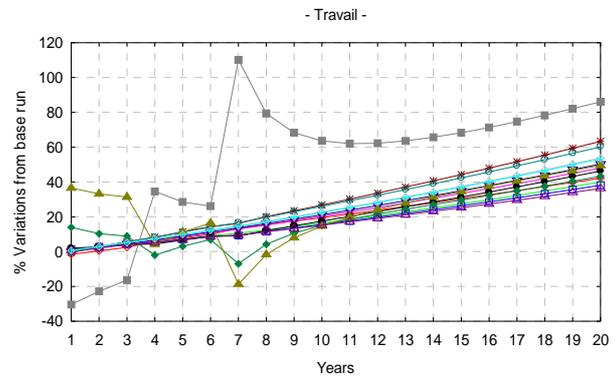
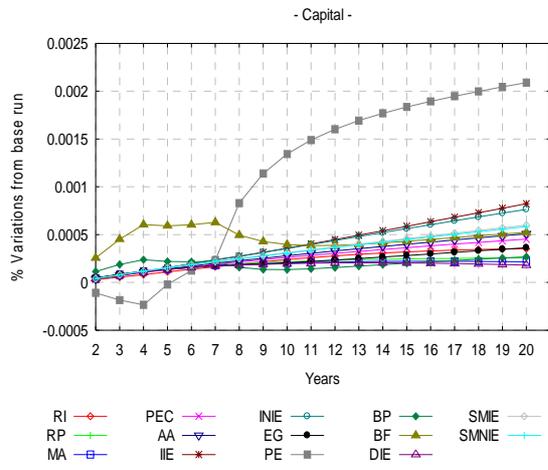
## Annexe 15 : Quelques tendances de long terme (sans choc)



# Annexe 16 : Quelques résultats des chocs climatiques combinés à la tarification au coût moyen



# Annexe 17 : Quelques résultats des chocs climatiques combinés à la tarification au coût marginal



# Bibliographie

ADELMAN, I., ROBINSON, S., RODGERS, G., WERY, R., (1979), “A Comparison of Two Models for Income Distribution Planning”, *Journal of Policy Modeling*, 1, 37-82.

AGTHE, D.E, BILLINGS, R.B., (1987), “Equity, Price Elasticity and Household Income under Increasing Block Rates for Water”, *American Journal of Economics and Sociology*, 46(3), 273-286.

AHMAD, J.K, BISHWANATH, G., MISRA, S., (2005), “Value of arsenic-free drinking water to rural households in Bangladesh”, *Journal of Environmental Management*, 74, 173-185.

AKERLOF, G.A., YELLEN, J.L., (1986), *Efficiency Wage Models of the Labor Market*, Cambridge University Press.

ALLAN, J.A., (1992), “Substitutes for Water are Being Found in the Middle East and North Africa”, *GeoJournal*, 28(3), 375-385.

ALLAN, J.A, OLMSTED, J.C., (2003), “Politics, Economics and (Virtual) Water: A Discursive Analysis of Water Policies in the Middle East and North Africa”, *Food, Agricultural, and Economic Policy in the Middle East and North Africa*, 5, 53-78.

ALTAF, M.A, WHITTINGTON, D., JAMAL, H., SMITH, K., (1993), “Rethinking Rural Water Supply Policy in Punjab, Pakistan”, *Water Resource Research*, 29, 1943-1954.

AMEMIYA, T., (1981), “Qualitative Response Models: A survey”, *Journal of Economic Literature*, 19, 1483-1536.

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, Québec.

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

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

BENSON, C., CLAY, E., (1998), « L'impact de la sécheresse sur des économies des pays d'Afrique subsaharienne : un examen préliminaire », Document technique 401, Banque mondiale, Washington, D.C.

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 Economics and Management of Water and Drainage in Agriculture*, Boston, Kluwer Academic Publishers.

BERRITTELLA, M., HOEKSTRA, A.Y., REHDANZ, K., ROSON, R., TOL, R.S.J., (2006), "The Economic Impact of Restricted Water Supply: A Computable General Equilibrium Analysis", Working Paper FNU-93.

BOCCANFUSO, D., CABRAL, J-F., SAVARD, L., (2003), « Une analyse d'impacts de la libéralisation de la filière arachide au Sénégal : un modèle d'équilibre général calculable multi-ménages », Working Paper 04-06, CIRPEE, Université Laval, Québec.

BOCCANFUSO, D., CABRAL, CISSE, F., DIAGNE, A. et SAVARD, L., (2003), « Pauvreté et distribution des revenus au Sénégal : une approche par la modélisation en équilibre général micro-simulé », Working Paper 03-33, CIRPEE, Université Laval, Québec.

BOITEUX, M. (1956), « Sur la gestion des monopoles publics astreints à l'équilibre budgétaire », *Econometrica*, 24, 22-24.

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.

BOUWER, H., (2000), “Integrated Water Management: Emerging Issues and Challenges”, *Agricultural Water Management*, 45, 217-228.

BRISCOE, J. DE CASTRO, P.F., GRIFFIN, C., NORTH, J., OLSEN, O., (1990), “Toward Equitable and Sustainable Rural Water Supplies: A Contingent Valuation Study in Brazil”, *The World Bank Economic Review*, 4(2), 115-143.

BROCKLEHURST, C., JANSSENS, J.G., (2004), “Innovative Contracts, Sound Relationships: Urban Water Sector in Senegal”, WSSB Discussion Paper Series, Paper n°1.

BROOKE, A., KENDRICK, D., MEERAUS, A., (1996), “GAMS, A User’s Guide”, *GAMS Development Corporation*.

BRUZELIUS, N., (1979), “The value of time: Theory and measurement”, Croom Helm, London.

BURNIAUX, J.M, TRUONG, T.P., (2002), “GTAP-E: An Energy Environmental Version of the GTAP Model”, *GTAP Technical Paper*, 16.

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, Dakar.

CAHUC, P., ZYLBERBERG, A., (2001), *Le marché du travail*, Ouvertures Économiques, De Boeck Université.

CALKINS, P., LARUE, B., VEZINA, M., (2002), « Willingness to Pay for Drinking Water in the Sahara : the Case of Douentza in Mali », *Cahiers d’Économie et Sociologie Rurales*, 64, 38-56.

CAMERON, T.A., JAMES, M., (1987), « Efficient Estimation Methods for « Closed-Ended » Contingent Valuation Surveys », *Review of Economics and Statistics*, 69(2), 269-276.

CAMERON, T.A., (1988), “A New Paradigm for Valuing Nonmarket Goods Using Referendum Data: Maximum Likelihood Estimation by Censored Logistic Regression”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 15, 355-379.

CAIRNCROSS, S., CLIFF, J.L., (1987), “Water Use and Health in Mueda, Mozambique”, *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 81, 51-54.

CHAPAGAIN, A.K, HOEKSTRA, A.Y., (2004), “Water Footprints of Nations, Value of Water” Research Report Series, n°16, UNESCO-IHE Delft, The Netherlands.

CHURCHILL, A.A., (1987) “Rural Water Supply and Sanitation: Time for a Change”, *World Bank Discussion Paper*, n°18, Washington D.C.

CURTIS, F., (1986), “Women and the Transport of Water”, London: Intermediate Technology Publications.

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.

DANDY, G.C., McBEAN, E.A., HUTCHINSON, B.G., (1984), « A Model for Constrained Optimum Water Pricing and Capacity Expansion », *Water Resources Research*, 20(5), 511-520.

DANSOKHO, M., (2000), « Éssai de simulation de l'ajustement structurel dans le secteur agricole du Sénégal à l'aide d'un modèle d'équilibre général calculable », Thèse de doctorat d'État ès Sciences Économiques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar.

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

DEBOMY, S., (2005), « Pro-Poor Subsidies for Water Connections in West Africa », Water Supply and Sanitation, Working notes, n°4, janvier.

DECALUWE, B., COCKBURN, J., ROBICHAUD, V., (2002), “Poverty Analysis within a General Equilibrium Framework”, Working Paper 99 (9), CREFA, Laval University, Québec.

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.

DECALUWE, B., PATRY, A., (2001), « Quand le puits est à sec, on sait ce que vaut l'eau : le cas du Maroc », in : 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, chapitre 12, 323-345.

DECALUWE, B., PATRY, A., SAVARD, L., (1999), “When Water is no Longer Heaven Sent: Comparative Pricing Analysis in an AGE Model”, Document de travail n° 9908, CREFA, Université Laval, Québec.

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.

DIAGNE, A., CABRAL, J-F., CISSE, F., DANSOKHO, M., BA, S., (2003), « Politiques commerciales, intégration régionale et distribution des revenus au Sénégal », Rapport MIMAP, Université Cheick Anta Diop, Dakar.

DIANZINGA, F., (1984), « L'eau dans Brazzaville est les services publics de l'eau : réflexions sur l'adaptation d'une organisation technique à son environnement social, culturel et urbain », Thèse de troisième cycle, Grenoble.

DOROSH, P., (1996), « Structural Adjustment, Growth and Poverty in Madagascar: a CGE Analysis », monograph n°17, NY : Ithaca. Cornell University Press.

DUMONT, J.C., MESPLE-SOMPS, S., (2001), « Des retombées généralement bien appréciées : infrastructure publique, croissance et compétitivité au Sénégal », in : 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, chapitre 15, 399-418.

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

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

HANEMANN, W.M., (1984), "Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses", *American Journal of Agricultural Economics*, 66(3), 332-341.

HERTEL, T.W., (1997), *Global Trade Analysis: Modeling and applications*, Cambridge University Press, Cambridge.

HIRSHLEIFER, J., DE HAVEN, J.C., MILLIMAN, J.W., (1969), "Water Supply: Economics, Technology and Policy", University of Chicago Press, Chicago, Illinois.

HORRIDGE, J-M., DIXON, P-B., RIMMER, M-T., (1993), "Water Pricing and Investment in Melbourne: General Equilibrium Analysis with Uncertain Streamflow", Center of Policy Studies and the Impact Project, Working Paper n° IP-63.

GREENE, W., AZOMAHOU, T., COUDREC, N., MONJON, S., VAN, P.N, (2005), *Econométrie*, 5è édition, Pearson education.

GREI, (1992), « La matrice de comptabilité sociale du Maroc de 1985 », monographie n°1, Groupe de recherché en économie internationale, Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales, Université Mohammed V, Rabat.

GOLDIN, I., ROLAND-HOLST, D., (1995), “Economic Policies for Sustainable Resource Use in Morocco”, in GOLDIN, I. WINTERS, L.A. (eds) (1995) *Economics of Sustainable Development*, Cambridge University Press, Cambridge, 175-196.

GOMEZ, C.M, TIRADO, D., REY-MAQUIERA, J.R, (2004), “Water Exchanges versus Water Works: Insights from a Computable General Equilibrium Model for the Balearic Islands », *Water Resources Research*, 40, W10502 10. 1029/2004WR003235.

GOODMAN, D-J., (2000), “More Reservoirs or Transfers? A Computable General Equilibrium Analysis of Projected Water Shortages in the Arkansas River Basin”, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 25(2), 698-713.

GYSI, M., LOUCKS, D.P, (1971), “Some Long Run Effects of Water-Pricing Policies”, *Water Resources Research*, 7(6), 1371-1382.

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*, 25, 207-235.

JUST, R.E., (1991), “Estimation of Production Systems with Emphasis on Water Productivity”, in: DINAR, A. ZILBERMAN, D. (eds) (2001), *The Economic and Management of Water and Drainage in Agriculture*, Kluwer Academic Publisher, Boston.

LAURIA, D.T., HOPKINS, O.S., (2003), “Pro-poor Subsidies for Water Connections in West Africa: a preliminary study”, *Water Supply and Sanitation*, final report.

LAURIA, D.T, ALFREDO, H.C, ANTHONY, A.K, (1997), “Final Report on Willingness to Pay for Improved Water and Sanitation in Dakar, Senegal”, *A report to the Senegal National Water Society*, the government of Senegal, and the World Bank, unpublished. Chapel Hill, North Carolina.

LETSOALO, A., BLIGNAUT, J., DE WET, T., DE WIT, M., HESS, S., TOL, R.S.J., (2005), “Triple Dividends of Water Consumption Charges in South Africa”, Working Paper, FNU-62.

LÖFGREN, H., ROBINSON, S., (1997), “The Mixed-Complementarity Approach to specifying Agricultural Supply in Computable General Equilibrium Models”, Washington D.C, IFPRI, TMD discussions papers.

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

MOREL à l'HUISSIER, A., (1990), « Économie 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, École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.

NAUGES, C., VAN DEN BERG, C., (2006), “Water Markets, Demand and Cost Recovery for Piped Water Supply Services: Evidence from Southwest Sri Lanka”, avril.

NAUGES, C., STRAND, J., (2005), “Estimation of Non-Tap Water Demand in Central American cities », Working Paper LERNA, Toulouse.

NDAW, M.F., (2005), « Étude de cas : réforme du secteur de l'hydraulique au Sénégal : pièce maîtresse vers la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement », Ministère de l'Hydraulique, République du Sénégal, Dakar.

PATTANAYAK, S.K, VAN DEN BERG, C., YANG, J.C, VAN HOUTVEN, G., (2006), “The Use of Willingness to Pay Experiments: Estimating Demand for Piped Water Connections in Sri Lanka”, *World Bank Policy Research*, Working Paper 3818, January.

RAMSEY, F., (1927), “A Contribution to the Theory of Taxation”, *Economic Journal*, 37, 47-61.

République du Sénégal (2005), *PEPAM 2015*, Document de programme, mars.

RIODAN, C., (1971), “Multistage Marginal Cost Model of Investment-Pricing Decisions: Application to Urban Water Supply Treatment Facilities”, *Water Resources Research*, 7(3), 463-477.

ROBINSON, P., (1988), “Willingness to Pay for Rural Water: The Zimbabwe Case Study”, ZIMCONSULT, Zimbabwe.

ROBINSON, S., (1976), “Income Distribution in Developing Countries – Toward an Adequate Long-run Model of Income Distribution and Economic Development”, *American Economic Review*, 66, 122-127.

ROBINSON, S., GEHLAR, C., (1995), “Land, Water, Agriculture in Egypt: the Economywide Impact of Policy Reform”, Washington D.C, IFPRI, TMD discussion.

RUTHERFORD, T.F., (1999), “Applied General Equilibrium Modeling with MPSGE as a GAMS Subsystem: An Overview of the Modeling Framework and Synthax”, *Computational Econ.*, 14, 1-46.

SDE (2004), “Evolution institutionnelle de l’hydraulique urbaine et de l’assainissement”, Rapport Diagnostic technique, ICEA / IBM BCSI PMC, République du Sénégal, Dakar, mars.

SDE (2004), « Évolution institutionnelle de l’hydraulique urbaine et de l’assainissement », Rapport Diagnostic juridique, ICEA / IBM BCSI PMC, République du Sénégal, Dakar, mars.

SDE (2004), « Évolution institutionnelle de l’hydraulique urbaine et de l’assainissement », Rapport Diagnostic financier, ICEA / IBM BCSI PMC, République du Sénégal, Dakar, mars.

SDE (2004), « Évolution institutionnelle de l’hydraulique urbaine et de l’assainissement », Rapport Diagnostic pistes de réformes, ICEA / IBM BCSI PMC, République du Sénégal, Dakar, mars.

SEUNG, C-K., HARRIS, T-R., ENGLIN, J-E., NETUSIL, N.R, (2000), “Impacts of Water Reallocation: A Combined Computable General Equilibrium and Recreation Demand Model Approach”, *The Annals of Regional Science*, 34, 473-487.

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

SINGH, B., RAMASUBBAN, R., BATHIA, R., BRISCOE, J., GRIFFIN, C., KIM, C., (1993), “Rural Water Supply in Kerala, India: How to Emerge from a Low-Level Equilibrium Trap”, *Water Resources Research*, 29(7), 1931-1942.

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

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, République du Sénégal, Dakar, décembre.

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

STONE, R., (1954), “Linear Expenditure Systems and Demand Analysis: An Application to the Pattern of British Demand”, *Economic Journal*, 64, 521-527.

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.

The World Bank Water Demand Research Team (1993), “The Demand for Water in Rural Areas: Determinants and Policy Implications”, *The World Bank Research Observer*, 8(1), 47-70.

TISDELL, J.G., (1996), “The Price of Irrigation Water”, *Economic Analysis and Policy*, 26(1), 95-104.

TREMOLET, S., (2005), “Case study on Senegal’s Water and Sanitation Sector Economic Regulation”, october.

WHITTINGTON, D., PATTANAYAK, S.K., JUI-CHEN, Y., BAL KUMAR, K.C., (2002), “Household Demand for Improved Piped Water Services: Evidence from Kathmandu, Nepal”, *Water Policy*, 4(6), 531-556.

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

WHITTINGTON, D., LAURIA, D.T., (1991), "A study of Water Vending and Willingness to Pay for Water in Onitsha, Nigeria", *World Development*, 19(2), 179-198.

WHITTINGTON, D., MU, X., ROCHE, R., (1990), "Calculating the Value of Time Spent Collecting Water: some Estimates for Ukunda, Kenya", *World Development*, 18(2), 226-280.

WHITTINGTON, D., BRISCOE, J., MU, X., BARRON, W., (1990), "Estimating the Willingness to Pay for Water Services in Developing Countries: A Case Study of the Use of Contingent Valuation Surveys in Southern Haiti", *Economic Development and Cultural change*, 38, (2), 293-311.

WHITTINGTON, D., LAURIA, D.T., OKUN, D., MU, X., (1989a), "Water Vending and Development: Lessons from Two Countries", Technical Report, n°45, Arlington, Va, Washington.

WHITTINGTON, D., MUJWAHUPI, M., MC MAHON, G., CHOE, K., (1989c), "Willingness to Pay for Water in Newala District, Tanzania: Strategies for Cost Recovery", Field report, N°246, Arlington, Washington.

YUCEL, N.C., "A Survey of the Theories and Empirical Investigations of the Value of Travel Time Savings", Bank Staff Working Paper, n°199, Washington D.C.

ZHENG, X., ELTAHIR, EAB., (1998), "The Role of Vegetation in the Dynamics of West African Monsoons", *Journal of Climate*, 11, 2078-2096.

# Sommaire détaillé

<b>Remerciements .....</b>	<b>5</b>
<b>Sommaire général .....</b>	<b>8</b>
<b>Introduction générale .....</b>	<b>11</b>
La question de la vulnérabilité climatique des économies d’Afrique subsaharienne .....	11
Conséquences de la sécheresse qui a longtemps touché le Sénégal .....	14
La réforme du secteur de l’eau dans un contexte de pénurie .....	15
Motivations de la réforme .....	15
Les acteurs du partenariat public-privé et la répartition des rôles .....	16
La politique d’accroissement de l’offre .....	18
Premier volet : les deux programmes de renforcement des ressources en eau .....	18
Le PSE (1996-2003) .....	18
Le PLT (2003-2007) .....	19
2 <sup>ème</sup> volet : La fourniture du service d’eau potable aux ménages .....	20
Bilan en terme de taux de desserte .....	20
Le programme de lutte contre la pauvreté du volet « fourniture du service d’eau potable » .....	21
Bilan en terme d’extension des réseaux de distribution et des branchements sociaux : .....	21
Bilan en terme d’extension du réseau des bornes-fontaines : .....	23
Malgré une politique volontariste d’offre, des risques futurs de désajustements offre demande .....	24
Évolution de la demande .....	24
Source : <i>Management system consultants corp</i> , 1998 .....	25
Évolution des capacités d’offre .....	26
Les déficits hydriques futurs .....	27
La politique de gestion de la demande .....	28
L’objectif du prix moyen de l’eau défini au moment de la réforme .....	29
Les composantes du prix de l’eau .....	29
Le choix d’une structure tarifaire progressive de l’eau .....	31

La question des effets redistributifs de la grille tarifaire.....	32
Les deux principaux objectifs de la recherche .....	34
La première partie de la thèse : une enquête à Dakar pour modéliser la demande en eau potable des ménages (2005).....	34
L'intérêt de mener une enquête .....	34
Structure de la première partie.....	35
La question du bien fondé du choix d'un tarif de base au coût moyen.....	36
La deuxième partie de la thèse : la prise en compte des variabilités climatiques et des politiques tarifaires de gestion de la demande dans un cadre EGC.....	37
L'intérêt du cadre EGC pour étudier la vulnérabilité du Sénégal face aux risques de pénuries d'eau.....	37
L'intérêt du cadre EGC pour traiter la question de la politique tarifaire de gestion de la demande .....	38
Originalités des deux modèles EGC (statique et dynamique).....	39
Une désagrégation de la distribution d'eau potable .....	39
Un secteur de production d'eau potable en monopole naturel.....	39
Structure de la deuxième partie.....	40
<b>Première partie Une enquête à Dakar pour modéliser la demande en eau potable des ménages (2005).....</b>	<b>42</b>
<b>Chapitre 1 Les modèles de la demande en eau potable dans les pays en développement : présentation et résultats de la littérature.....</b>	<b>43</b>
Section 1 : Les modèles des déterminants de la demande <i>ex ante</i> pour un service amélioré d'eau potable .....	46
1.1 Le choix de se raccorder au réseau : l'exemple de l'État de Kerala (Inde) (Singh <i>et alii</i> , 1993) .....	46
1.2 Un modèle de la demande pour un système amélioré d'approvisionnement en eau au Sud d'Haïti (bornes fontaines <i>versus</i> branchement privé).....	49
1.3 Le modèle de demande des ménages pour des services améliorés de raccordement à l'eau potable à Katmandou (Népal) .....	52
1.3.1 Les caractéristiques des ménages qui influencent leur choix de rester connecté à un réseau amélioré d'eau : un modèle probit .....	52
1.3.2 Les caractéristiques des ménages qui influencent leur choix de se connecter à un réseau amélioré d'eau : un modèle logit multinomial.....	54
1.4 Un modèle logit multinomial de demande d'eau des ménages au Bangladesh (2005).....	56

1.5 Un modèle des déterminants du consentement à payer des ménages pour un raccordement privé au Sri Lanka.....	59
Section 2 : Les modèles des déterminants de la demande <i>ex post</i> pour les modes d'approvisionnement en eau présents .....	62
2.1 Le choix de recourir à des bornes fontaines kiosques : l'exemple d'Ukunda (Kenya) et d'Onitsha (Nigéria).....	62
2.2 Un modèle des déterminants de la demande des ménages pour un branchement privé au Sri Lanka (2006).....	65
2.3 Un modèle de choix des ménages entre le branchement privé, le puit public et les revendeurs, appliqué aux villes d'Amérique Centrale.....	67
Section 3 : Synthèse des facteurs explicatifs du consentement à payer des ménages pour des services améliorés d'approvisionnement en eau potable : résultats des études et discussion des résultats .....	71
3.1 L'influence des caractéristiques socio-économiques et démographiques des ménages	71
3.1.1 Le revenu et les possessions.....	72
3.1.2 Le niveau d'éducation .....	73
3.1.3 Le genre.....	74
3.1.4 La taille et la composition des ménages .....	75
3.2 L'influence des caractéristiques des modes d'approvisionnement existants et améliorés .....	75
3.2.1 Le coût d'accès aux différents modes d'approvisionnement .....	75
3.2.2 La qualité de l'eau perçue aux différents modes d'approvisionnement.....	78
3.2.3 La fiabilité des modes d'approvisionnement .....	79
3.2.4 Le niveau de service .....	80
3.2.5 Les attitudes des ménages envers la gestion gouvernementale du service public d'eau .....	81
<b>Chapitre 2 L'enquête eau Dakar (2005) : objectifs, méthodologie et principaux résultats .....</b>	<b>83</b>
Section 1 : Objectifs, méthodologie et principales étapes de notre enquête eau Dakar (2005) .....	83
1.1 Contexte et objectifs de notre enquête .....	83
1.2 Présentation de l'équipe.....	86
1.3 La conception du questionnaire.....	87
1.4 L'échantillonnage.....	92

1.5 Le pré-test et la finalisation du questionnaire .....	94
1.6 L'enquête auprès des ménages .....	94
1.7 Les enquêtes complémentaires à l'enquête ménages.....	95
1.7.1 Une enquête auprès des fontainiers .....	95
1.7.2 Une enquête sur la revente de l'eau (informelle).....	95
Section 2 : Les grands résultats de l'enquête auprès des ménages « eau », Dakar (2005) .....	97
2.1 La diversité des modes d'approvisionnement en eau potable : des quartiers de Dakar encore hétérogènes (2005).....	98
2.1.1 Les quartiers dominés par un recours des ménages au branchement privé (2005) .....	101
2.1.2 Les quartiers dominés par un recours des ménages aux bornes fontaines (2005) .....	102
2.1.3 Les quartiers dominés par un recours des ménages aux puits seyaan (2005) .....	104
2.2 Le branchement privé : source principale et convoitée d'approvisionnement en eau potable des ménages de Dakar (2005) .....	106
2.3 Les bornes fontaines : la seconde source d'approvisionnement en eau potable des ménages de Dakar (2005) .....	110
2.4 Les autres modes d'approvisionnement en eau potable à Dakar (2005).....	112
Section 3 : Les résultats concernant le consentement à payer des ménages pour des systèmes améliorés d'eau potable (branchements privés et bornes fontaines) .....	115
3.1 Le consentement à payer des ménages non raccordés pour des services améliorés d'eau potable (effectif total : 143).....	115
3.1.1 Le premier sous échantillon : les ménages 1 non raccordés (effectif : 30) .....	115
3.1.2 Le second sous échantillon : les ménages 2 non raccordés (effectif : 81) .....	117
3.1.3 Le troisième sous échantillon : les ménages 3 non raccordés (effectif : 32) .....	120
3.2 Le consentement à payer des ménages raccordés pour des services améliorés d'eau potable (effectif total : 159) .....	124
3.2.1 Le quatrième sous échantillon : les ménages 1 raccordés (effectif : 55) .....	124
3.2.2 Le cinquième sous échantillon : les ménages 2 raccordés (effectif : 55).....	125
3.2.3 Le sixième sous échantillon : les ménages 3 raccordés (effectif : 49).....	126
Conclusion : « Comparaison » des résultats avec l'enquête de la Banque mondiale (1997) .	129

<b>Chapitre 3 Un modèle explicatif de la probabilité du raccordement à un branchement privé d'eau des ménages de Dakar (2005)</b> .....	<b>131</b>
Section 1 : Le modèle économétrique utilisé.....	138
1.1 Le modèle probit.....	138
1.2 Le modèle logit .....	139
1.3 Comparaison des modèles probit et logit .....	139
Section 2 : Les variables disponibles pour l'analyse de la probabilité d'être raccordé à un branchement privé à partir du questionnaire (enquête eau 2005, Dakar) .....	140
2.1 Les variables détectant une éventuelle influence de l'enquêteur sur les réponses .....	140
2.2 Les variables liés au lieu d'habitation du chef de ménage .....	140
2.3 Les variables liées aux caractéristiques de la maison en 2005 .....	141
2.3.1 La nature du toit, des murs et des sols .....	141
2.3.2 La présence de tels ou tels équipements sanitaires .....	142
2.3.3 Le nombre de pièces à usage d'habitation .....	143
2.4 Les caractéristiques socio-démographiques du chef de ménage en 2005 .....	143
2.4.1 La situation matrimoniale du chef de ménage.....	143
2.4.2 L'âge du chef de ménage .....	144
2.4.3 Le genre du chef de ménage .....	144
2.4.4 L'ethnie du chef de ménage .....	145
2.4.5 Le type d'activité principale exercée par le chef de ménage.....	145
2.4.6 Le fait d'avoir une activité secondaire ou non.....	146
2.4.7 La taille du ménage.....	146
2.4.8 Le niveau d'éducation du chef de ménage .....	147
2.4.9 Le statut du chef de ménage dans la concession (immeuble ou maison individuelle selon les cas).....	148
2.4.10 Le nombre de ménages dans la concession (immeuble ou maison individuelle selon le cas) .....	149
2.5 Les opinions sur la politique de la SDE du chef de ménage en 2005 .....	150
Section 3 : Un premier modèle sans restriction sur les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes .....	151
3.1 L'étude des différentes corrélations (de Spearman) entre les variables retenues pour l'analyse .....	152
3.2 Les résultats économétriques du premier modèle .....	152
3.2.1 Le test de Hosmer-Lemeshov.....	152

3.2.2 Le test de significativité des variables explicatives.....	153
3.2.3 Les corrélations des variables explicatives significatives à 5%.....	154
3.2.4 Les conclusions du premier modèle .....	155
3.2.5 Qualité de l'ajustement global du premier modèle .....	156
3.2.6 Analyse des prévisions du premier modèle.....	157
Section 4 : Un deuxième modèle avec restriction sur les variables explicatives liées aux caractéristiques présentes .....	158
4.1 Les problèmes existants et les variables explicatives retenues pour analyser la probabilité d'être raccordé.....	158
4.2 L'étude des différentes corrélations (de Spearman) entre les variables retenues pour l'analyse .....	161
4.3 Les résultats économétriques du second modèle .....	161
4.3.1 Le test de Hosmer-Lemeshov.....	162
4.3.2 Le test de significativité des variables explicatives.....	162
4.3.3 Les corrélations des variables explicatives significatives à 5%.....	163
4.3.4 Les conclusions du second modèle.....	163
4.3.5 Qualité de l'ajustement global du second modèle.....	164
4.3.6 Analyse des prévisions du second modèle.....	164
Conclusion : Comparaison et discussion des résultats des deux modèles au regard de la littérature.....	165
<b>Chapitre 4 Un modèle explicatif de la probabilité que les ménages de Dakar utilisent les bornes fontaines (2005).....</b>	<b>170</b>
Section 1 : Les grandes tendances révélées par l'enquête sur la consommation d'eau des ménages de Dakar aux bornes fontaines (2005).....	171
Section 2 : Analyse des relations existantes entre les différents modes d'approvisionnement en eau (2005).....	178
2.1 Analyse de la complémentarité entre l'utilisation des bornes fontaines et l'eau de voisinage (2005) .....	178
2.2 Analyse de la complémentarité entre l'utilisation des bornes fontaines et des charretiers informels (2005) .....	180
2.3 Analyse de la complémentarité entre l'utilisation des bornes fontaines et du branchement privé (2005).....	181
2.4 Analyse de la complémentarité entre l'utilisation des bornes fontaines et des puits seyaan (2005) .....	182

Section 3 : Les variables explicatives retenues pour l'analyse .....	184
Section 4 : Un premier modèle sans restriction sur les variables d'opinion des ménages ....	186
4.1 L'étude des différentes corrélations (de Spearman) entre les variables retenues pour l'analyse .....	186
4.2 Les résultats économétriques du premier modèle .....	186
4.2.1 Le test de Hosmer-Lemeshow .....	186
4.2.2 Le test de significativité des variables explicatives .....	187
4.2.3 Les corrélations des variables explicatives significatives à 5% .....	187
4.2.4 Les conclusions du premier modèle .....	188
4.2.5 Qualité de l'ajustement global du premier modèle .....	189
4.2.6 Analyse des prévisions du premier modèle .....	189
Section 5 : Un second modèle avec restriction sur les variables d'opinion des ménages ....	190
5.1 Recherche d'éventuels biais dans les réponses sur les opinions des ménages .....	191
5.1.1 Les variables d'opinion concernant les avantages des bornes fontaines .....	191
5.1.2 Les variables d'opinion concernant les inconvénients des bornes fontaines .....	193
5.2 L'étude des différentes corrélations (de Spearman) entre les variables retenues pour l'analyse .....	194
5.3 Les résultats économétriques du second modèle avec restriction sur les variables d'opinion .....	195
5.3.1 Le test de Hosmer-Lemeshow .....	195
5.3.2 Le test de significativité des variables explicatives du second modèle .....	195
5.3.3 Les corrélations des variables explicatives significatives à 5% du second modèle .....	196
5.3.4 Les conclusions du second modèle .....	196
5.3.5 Qualité de l'ajustement global du second modèle .....	197
5.3.6 Analyse des prévisions du second modèle .....	197
Conclusion : Comparaison et interprétation des résultats des deux modèles au regard de la littérature .....	198
Conclusion de la partie enquête eau Dakar (2005) .....	201

**Deuxième partie La prise en compte des variabilités climatiques et des politiques tarifaires de gestion de la demande dans un cadre EGC..... 203**

**Chapitre 5 Revue de la littérature des modèles EGC appliqués à l'eau et au Sénégal ..... 204**

Section 1 : Les modèles EGC appliqués à l'économie sénégalaise .....	205
1.1 La question de l'impact des infrastructures sur la croissance et la compétitivité du Sénégal.....	205
1.2 La question de l'impact du Plan d'Ajustement Structurel (PAS).....	206
1.3 La question de la libéralisation commerciale.....	208
1.3.1 Les travaux de Diagne, Cabral, Cissé, Dansokho et Ba (2003).....	208
1.3.2 Les travaux de Annabi, Cissé, Cockburn et Decaluwé (2005) .....	209
1.4 La question de l'impact de la libéralisation agricole .....	210
1.4.1 Les travaux de Boccanfuso, Cabral et Savard (2003) .....	210
1.4.2 Les travaux de Boccanfuso, Cabral, Cissé, Diagne et Savard (2003) .....	211
1.4.3 Les travaux de Cabral (2005) .....	212
Section 2 : Les modèles EGC appliqués à la ressource en eau.....	215
2.1 La littérature autour des politiques d'offre d'eau potable.....	215
2.1.1 Les modèles EGC centrés sur la question des impacts des variations de stock d'eau potable.....	216
2.1.1.1 Les travaux de Berck, Robinson et Goldman (1991) .....	216
2.1.1.2 Les travaux de Robinson et Gehlar (1995).....	217
2.1.1.3 Les travaux de Löfgren et Robinson (1997) .....	218
2.1.2 Les modèles centrés sur la question de la réallocation de l'eau entre les différents usages .....	219
2.1.2.1 Les travaux de Seung, Harris, Englin et Netusil (2000) .....	219
2.1.2.2 Les travaux de Goodman (2000) .....	220
2.1.2.3 Les travaux de Gomez, Tirado et Rey-Maquiera (2004) .....	222
2.2 La littérature autour des échanges internationaux d'eau « virtuelle ».....	224
2.3 La littérature autour des politiques de gestion de la demande (tarification) .....	226
2.3.1 La littérature autour de chocs arbitraires du prix de l'eau .....	227
2.3.1.1 Les travaux de Goldin et Roland-Holst (1995) .....	227
2.3.1.2 Les travaux de Letsoalo, Blignaut, de Wet, de Wit, Hess, Toll et Heerden (2005).....	228
2.3.2 La littérature autour des chocs de tarification théorique de l'eau.....	229

2.3.2.1 Les travaux de Horridge, Dixon et Rimmer (1993).....	229
2.3.2.2 Les travaux de Decaluwé, Patry, Savard (1998, 1999, 2001) .....	230
2.3.2.3 Les travaux de Thabet (2003).....	233
Conclusion.....	234
<b>Chapitre 6 La Matrice de Comptabilité Sociale du Sénégal (1996) .....</b>	<b>236</b>
Section 1 : La construction de la MCS, Sénégal (1996) .....	237
1.1 Architecture générale de la MCS.....	238
1.2 Méthodologie adoptée pour la construction de la MCS.....	242
1.2.1 Le choix d'un critère d'intensité en eau.....	242
1.2.2 La désagrégation de la branche électricité, gaz et eau .....	243
1.2.3 La désagrégation de la branche eau en production et distribution d'eau potable .....	243
1.2.4 La désagrégation de la branche distribution d'eau potable.....	244
1.2.5 Le passage de l'investissement par origine à l'investissement par destination pour le modèle dynamique .....	245
Section 2 : Structure de l'économie sénégalaise : les enseignements de la MCS .....	245
2.1 Répartition de la valeur ajoutée entre les branches de production et les facteurs de production .....	246
2.2 Les intensités en eau potable des secteurs de l'économie sénégalaise .....	248
2.3 Les secteurs d'activité .....	250
2.4 Les relations interbranches .....	257
2.5 Contribution des secteurs à l'assiette d'impôts indirects .....	259
2.6 Structure de la demande des produits .....	259
2.7 Structure des échanges extérieurs .....	261
2.8 Sources et affectations des revenus des ménages .....	263
2.9 Les autres institutions de la MCS.....	268
2.10 Leçons de la MCS sur le secteur de l'eau sénégalais.....	269
Conclusion.....	272
<b>Chapitre 7 SENEAU statique : présentation et résultats des simulations .....</b>	<b>274</b>
Section 1 : Description du modèle SENEAU statique.....	274
1.1 Le bloc d'offre .....	275
1.1.1 La production d'eau potable (monopole naturel) (voir bloc 1) .....	275
1.1.2 La production des autres secteurs de l'économie (concurrence pure et parfaite) (voir bloc 2).....	277

1.2 Le bloc des revenus et de l'épargne (voir bloc 3) .....	279
1.3 Les taxes (voir bloc 4).....	281
1.4 Le bloc de demande (voir bloc 5) .....	282
1.5 Le bloc des échanges extérieurs (voir bloc 6).....	283
1.6 Le bloc des prix (voir bloc 7).....	285
1.7 Les conditions d'équilibre .....	287
1.7.1 Introduction d'un salaire d'efficience et d'un chômage involontaire sur le marché du travail (voir bloc 8) .....	287
1.7.2 Les autres conditions d'équilibre (voir bloc 9) .....	291
1.8 Bouclage de SENEAU statique.....	292
1.9 Calibrage des paramètres et résolution du modèle SENEAU statique .....	293
Section 2 : Résultats des simulations .....	294
2.1 Première simulation : Une sécheresse n'affectant que l'agriculture (riz irrigué).....	294
2.2 Deuxième simulation : Une sécheresse globale affectant l'agriculture et la production d'eau potable.....	309
2.3 Troisième simulation : Le passage à une tarification de l'eau potable au coût marginal .....	323
Conclusion.....	337
<b>Chapitre 8 SENEAU dynamique : présentation et résultats des simulations.....</b>	<b>338</b>
Section 1 : Description du modèle SENEAU dynamique .....	340
1.1 Structure générale de SENEAU dynamique .....	340
1.2 Les conditions d'équilibre de SENEAU dynamique (bloc 17).....	346
1.3 Le bloc « dynamique » .....	347
1.3.1 L'accumulation du capital.....	348
1.3.2 La demande d'investissement .....	348
1.3.3 Le coût d'usage du capital .....	350
1.3.4 La croissance de la main d'oeuvre.....	350
1.3.5 L'indice du prix de l'investissement .....	350
1.4 Bouclage, calibrage et résolution du modèle SENEAU dynamique.....	351
Section 2 : Résultats des simulations des politiques tarifaires au coût moyen et marginal associées au <i>scenario</i> d'évolution dynamique de la disponibilité des ressource en eau .....	352
2.1 La tarification au coût moyen face aux chocs climatiques .....	353
2.1.1 À court terme (1996).....	355
2.1.2 À long terme (2015) .....	357

2.2 La tarification au coût marginal face aux chocs climatiques .....	358
2.2.1 À court terme (1996) .....	360
2.2.2 À long terme (2015) .....	362
Conclusion.....	364
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>366</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>375</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>452</b>
<b>Sommaire détaillé .....</b>	<b>463</b>
<b>Sommaire des tableaux .....</b>	<b>473</b>
<b>Sommaire blocs équations .....</b>	<b>480</b>
<b>Sommaire des graphiques.....</b>	<b>481</b>

# Sommaire des tableaux

Tableau 1 : Étude de la de demande en pour Dakar à l'horizon 2030 - hypothèses .....	24
Tableau 2 : Objectif de tarif moyen pour l'eau (FCFA courants HT) .....	29
Tableau 3 : Évolution des différentes composantes du prix moyen de l'eau potable (FCFA/m <sup>3</sup> )	30
Tableau 4: Grille tarifaire au 1er janvier 2003 .....	31
Tableau 5 : Évolution des subventions croisées aux consommations dans la tranche sociale depuis 1996.....	32
Tableau 6 : Modèle Probit de la probabilité de choisir un robinet sur cour (enquête Kerala, 1988) .....	48
Tableau 7 : Modèle probit de la probabilité que le consentement à payer d'un ménage pour utiliser les bornes fontaines soit dans un intervalle spécifié au Sud d'Haïti.....	51
Tableau 8 : Modèle probit sur la probabilité que le consentement à payer d'un ménage pour utiliser le branchement privé soit dans un intervalle spécifié au Sud d'Haïti.....	51

Tableau 9 : Modèle probit expliquant le choix des ménages raccordés de rester connecter ou de rejeter un branchement privé amélioré à Katmandou (Népal).....	53
Tableau 10 : Modèle multinomial expliquant le choix des ménages de se connecter ou de rejeter un branchement privé ou partagé amélioré (ménages non connectés) à Katmandou (Népal).....	55
Tableau 11 : Préférences des ménages pour des services améliorés d'eau au réseau dans les zones rurales du Bangladesh (toutes zones confondues): résultats du modèle logit multinomial.....	58
Tableau 12 : Les caractéristiques des ménages qui influencent leur demande pour un service de branchement amélioré: modèle probit (Sri Lanka).....	60
Tableau 13 : Modèle Logit de la probabilité de choisir une borne fontaine kiosque (Ukunda, Kenya).....	63
Tableau 14 : Modèle logit de la probabilité de choisir de s'approvisionner à un puits (Onitsha, Nigéria).....	64
Tableau 15 : Estimation de la probabilité d'être branché au réseau d'eau. Modèle probit (résultats de l'estimation du maximum de vraisemblance) (Sri Lanka).....	66
Tableau 16 : Estimation du modèle logit multinomial (le branchement privé étant le groupe de référence): l'exemple d'El Salvador (321 observations).....	69
Tableau 17 : Modèle logit multinomial. Effets marginaux de chaque caractéristique sur la probabilité d'utiliser chacune des quatre sources d'approvisionnement. El Salvador.....	70
Tableau 18 : Répartition des trois types de questionnaires aux ménages (6 sous échantillons de ménages).....	91
Tableau 19 : Répartition de l'échantillon entre les différents quartiers.....	93
Tableau 20 : Consentements à payer des ménages pour des services améliorés d'eau potable ....	122
Tableau 21 : Montants des factures bimensuelles que les ménages déclarent être disposés à payer (en FCFA).....	123
Tableau 22 : Options choisies des ménages raccordés suite à la hausse tarifaire au branchement privé.....	128
Tableau 23 : Le volume de réduction de la consommation d'eau quotidienne au branchement privé des ménages, suite à la hausse tarifaire.....	128
Tableau 24 : Hétérogénéité des prix de l'eau selon le fournisseur (Dakar, 2005).....	134
Tableau 25 : Comparaison des fonctions de répartition $\Lambda_\lambda(w)$ et $\phi(w)$ .....	139
Tableau 26 : Résultats du test de Hosmer-Lemeshov sur les différents modèles possibles.....	153
Tableau 27 : Les variables qui expliquent la probabilité qu'un ménage de Dakar soit raccordé ou non en 2005 au branchement privé: résultats du modèle 1 logit.....	154

Tableau 28 : Corrélations des variables explicatives du modèle 1 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005).....	154
Tableau 29 : Exponentiel des coefficients estimés des variables explicatives du modèle 1 logit de la probabilité du raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005).....	156
Tableau 30 : Mesure de la qualité de l'ajustement du modèle 1 logit de la probabilité du raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005).....	157
Tableau 31 : Prédiction du modèle 1 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005).....	157
Tableau 32 : Résultats du test de Hosmer-Lemeshow sur les différents modèles possibles.....	162
Tableau 33 : Les variables qui expliquent la probabilité qu'un ménage de Dakar soit raccordé ou non en 2005 au branchement privé: résultats du modèle 2 logit.....	162
Tableau 34 : Corrélations des variables explicatives du modèle 2 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005).....	163
Tableau 35 : Exponentiel des coefficients estimés des variables explicatives du modèle 2 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005).....	164
Tableau 36 : Mesure de la qualité de l'ajustement du modèle 2 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005).....	164
Tableau 37 : Prédiction du modèle 2 logit de la probabilité de raccordement ou non au branchement privé avéré des ménages de Dakar (2005).....	165
Tableau 38 : Quantité totale quotidienne d'eau achetée à la borne fontaine (Litres).....	174
Tableau 39 : Coût total quotidien de l'eau achetée à la borne fontaine (FCFA).....	174
Tableau 40 : Complémentarité entre les bornes fontaines et l'eau de voisinage (a) (Effectifs) ....	178
Tableau 41 : Complémentarité entre les bornes fontaines et l'eau de voisinage (b) (en %).....	179
<b>Tableau 42 : Complémentarité entre les bornes fontaines et l'eau de voisinage (c) (en %)</b> .....	179
Tableau 43 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les charretiers informels (a) (Effectifs).....	180
Tableau 44 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les charretiers informels (b) (en %).....	180
Tableau 45 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les charretiers informels (c) (en %).....	180

Tableau 46 : Complémentarité entre les bornes fontaines et le branchement privé (a) (Effectifs)	181
Tableau 47 : Complémentarité entre les bornes fontaines et le branchement privé (b) (en %) ...	181
Tableau 48 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les puits seyaan (a) (Effectifs) .....	182
Tableau 49 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les puits seyaan (b) (en %).....	183
Tableau 50 : Complémentarité entre les bornes fontaines et les puits seyaan (c) (en %) .....	183
Tableau 51 : Résultats du test de Hosmer-Lemerhov sur les différents modèles possibles.....	187
Tableau 52 : Les variables qui expliquent la probabilité qu'un ménage de Dakar utilise ou non les bornes fontaines en 2005: résultats du modèle 3 logit.....	187
Tableau 53 : Corrélations des variables explicatives du modèle 3 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar (2005).....	187
Tableau 54 : Exponentiel des coefficients estimés des variables explicatives du modèle 3 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar en 2005.....	188
Tableau 55 : Mesure de la qualité de l'ajustement du modèle 3 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar (2005) .....	189
Tableau 56 : Prédiction du modèle 3 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar (2005) .....	189
Tableau 57 : Opinion des ménages sur l'avantage "prix de l'eau aux bornes fontaines acceptable" .....	191
Tableau 58 : Résultats du test de Hosmer-Lemerhov sur les différents modèles possibles.....	195
Tableau 59 : Les variables qui expliquent la probabilité qu'un ménage de Dakar utilise ou non les bornes fontaines: résultats du modèle 4 logit.....	195
Tableau 60 : Corrélations des variables explicatives du modèle 4 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar en 2005.....	196
Tableau 61 : Exponentiel des coefficients estimés des variables explicatives du modèle 4 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar en 2005.....	197
Tableau 62 : Mesure de la qualité de l'ajustement du modèle 4 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar en 2005.....	197
Tableau 63 : Prédiction du modèle 4 logit de la probabilité d'utiliser ou non les bornes fontaines à Dakar en 2005.....	198
Tableau 64 : Structure générale de la MCS du Sénégal.....	241
Tableau 65 : Contribution des secteurs à la production et à la valeur ajoutée .....	246
Tableau 66 : Contribution des facteurs à la valeur ajoutée (%) .....	248
Tableau 67 : Intensités en eau potable des secteurs .....	249

Tableau 68 : Tableau des entrées-sorties des flux intermédiaires, 1996, Sénégal (en millions de FCFA) .....	258
Tableau 69 : Contribution relative des différents secteurs à l'assiette d'impôts directs, 1996, Sénégal, (en %).....	259
Tableau 70 : Structure de la demande par produit, 1996, Sénégal, (en %).....	260
Tableau 71 : Part des importations dans l'offre totale des biens et part des importations des biens dans les importations totales, 1996, Sénégal.....	262
Tableau 72 : Part des exportations dans la production des biens et des exportations des biens dans les exportations totales, 1996, Sénégal (en %) .....	263
Tableau 73 : Répartition des revenus de facteurs primaires entre les différentes catégories de ménages, 1996, Sénégal (%).....	264
Tableau 74 : Répartition des sources de revenus des ménages selon les différents facteurs, 1996, Sénégal (en %).....	265
Tableau 75 : Revenus des ménages selon la source, 1996, Sénégal (en %).....	265
Tableau 76 : Origine des transferts reçus par les ménages selon les strates, 1996, Sénégal (en %) .....	266
Tableau 77 : Répartition des dépenses des ménages, 1996, Sénégal (en %).....	267
Tableau 78 : Répartition de la valeur ajoutée du secteur de l'eau entre les différentes branches, 1996, Sénégal (en %).....	269
Tableau 79 : Part des différents facteurs dans l'allocation de la VAB selon les branches, 1996, Sénégal (en %).....	269
Tableau 80 : Apport relatif des différentes branches à l'offre de biens intermédiaires d'origine eau, 1996, Sénégal (en %).....	270
Tableau 81 : Contribution relative des branches dans la demande intermédiaire totale des différents intrants eau potable, 1996, Sénégal (en %).....	271
Tableau 82 : Poids relatif des différentes branches de l'eau dans la demande en consommations intermédiaires des secteurs de l'eau, 1996, Sénégal (en %).....	271
Tableau 83 : Contribution relative des biens eau aux impôts indirects totaux des secteurs de l'eau, 1996, Sénégal (en %).....	271
Tableau 84 : Contribution relative des différents ménages dans la consommation finale totale de chaque bien eau potable, 1996, Sénégal (en %) .....	272
Tableau 85 : Impacts sectoriels d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique) .....	294
Tableau 86 : Structure de la demande par produit, 1996, Sénégal (en %).....	296

Tableau 87 : Impacts sur les rémunérations sectorielles n'affectant que l'agriculture (%) (SENEAU statique) .....	296
Tableau 88 : Impacts multisectoriels d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique).....	297
Tableau 89 : Impacts sur les différents prix des produits d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique).....	299
Tableau 90 : Impacts sur les structures de marché des différents produits d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique).....	300
Tableau 91 : Impacts sur le revenu des ménages d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique) .....	302
Tableau 92 : Impacts sur la consommation multi-produits des ménages d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique).....	303
Tableau 93 : Propensions marginales discrétionnaires à consommer des différents produits par les ménages dans SENEAU statique (gamma).....	304
Tableau 94 : Elasticités revenu des différents produits des ménages dans SENEAU statique (yelas).....	305
Tableau 95 : Impacts sur le bien être des ménages d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique) .....	306
Tableau 96 : Impacts sur les recettes indirectes de l'État d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique).....	307
Tableau 97 : Impacts sur les recettes de l'Etat issues de l'imposition directe sur le revenu des ménages d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique) .....	308
Tableau 98 : Impacts sur l'épargne des ménages d'une sécheresse n'affectant que l'agriculture (SENEAU statique) .....	308
Tableau 99 : Impacts sur le secteur du riz irrigué d'une sécheresse globale (SENEAU statique)	310
Tableau 100 : Impacts sur le secteur de production d'eau potable d'une sécheresse globale (SENEAU statique) .....	310
Tableau 101 : Impacts sur les rémunérations factorielles d'une sécheresse globale (%) (SENEAU statique).....	312
Tableau 102 : Impacts multisectoriels d'une sécheresse globale (SENEAU statique) .....	312
Tableau 103 : Impacts sur les demandes intermédiaires totales des différents produits d'une sécheresse globale (SENEAU statique) .....	314
Tableau 104 : Impacts sur les différents prix des produits d'une sécheresse globale (SENEAU statique).....	314

Tableau 105 : Impacts sur les structures de marché des différents produits d'une sécheresse globale (SENEAU statique).....	315
Tableau 106 : Impacts sur le revenu des ménages d'une sécheresse globale (SENEAU statique).....	317
Tableau 107 : Impacts sur la consommation multi-produits des ménages d'une sécheresse globale (SENEAU statique) .....	318
Tableau 108 : Impacts sur le bien être des ménages d'une sécheresse globale (SENEAU statique).....	320
Tableau 109 : Impacts sur les recettes indirectes de l'État d'une sécheresse globale (SENEAU statique).....	321
Tableau 110 : Impacts sur les recettes de l'État issues de l'imposition directe sur le revenu des ménages d'une sécheresse globale (SENEAU statique) .....	321
Tableau 111 : Impacts sur l'épargne des ménages d'une sécheresse globale (SENEAU statique).....	322
Tableau 112 : Impacts sur les coûts et prix de production de l'eau potable du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique).....	324
Tableau 113 : Intensités en eau potable des secteurs .....	324
Tableau 114 : Impacts sur les différents prix des produits du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique).....	325
Tableau 115 : Impacts sur les demandes intermédiaires totales des différents produits, du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique) .....	327
Tableau 116 : Impacts multisectoriels du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique).....	327
Tableau 117 : Impacts sur les rémunérations factorielles du passage à une tarification (%) (SENEAU statique) .....	329
Tableau 118 : Impacts sur les structures de marché des différents produits du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique).....	330
Tableau 119 : Impacts sur le revenu des ménages du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique) .....	331
Tableau 120 : Impacts sur la consommation multi-produits des ménages du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique).....	332
Tableau 121 : Impacts sur le bien être des ménages du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique) .....	334

Tableau 122 : Impacts sur les recettes indirectes de l'État du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique) .....	334
Tableau 123 : Impacts sur les recettes de l'État issues de l'imposition directe sur le revenu des ménages du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique) .....	335
Tableau 124 : Impacts sur l'épargne des ménages du passage à une tarification au coût marginal (SENEAU statique) .....	336
Tableau 125 : Résultats de la simulation des chocs climatiques combinés à la politique tarifaire au coût moyen (%) .....	354
Tableau 126 : Résultats de la simulation des chocs climatiques combinés à la politique tarifaire au coût marginal (%) .....	359
Tableau 127 : Comparaison internationale des services d'eau potable (Afrique).....	367

## Sommaire blocs équations

Bloc 1 : Modélisation de la production d'eau potable dans SENEAU statique.....	276
Bloc 2 : Modélisation de la production des autres secteurs dans SENEAU statique .....	278
Bloc 3 : Modélisation des revenus et épargnes dans SENEAU statique .....	280
Bloc 4 : Modélisation des taxes dans SENEAU statique .....	282
Bloc 5 : Modélisation de la demande dans SENEAU statique.....	283
Bloc 6 : Modélisation des échanges extérieurs dans SENEAU statique .....	284
Bloc 7 : Modélisation des prix dans SENEAU statique .....	286
Bloc 8 : Modélisation des conditions d'équilibre sur le marché du travail dans SENEAU statique .....	290
Bloc 9 : Modélisation des autres conditions d'équilibre de SENEAU statique.....	291
Bloc 10 : Modélisation de la production d'eau potable dans SENEAU dynamique.....	341
Bloc 11 : Modélisation de la production des autres secteurs dans SENEAU dynamique.....	342
Bloc 12 : Modélisation des revenus et épargnes dans SENEAU dynamique.....	343
Bloc 13 : Modélisation des taxes dans SENEAU dynamique .....	343
Bloc 14 : Modélisation de la demande dans SENEAU dynamique.....	344
Bloc 15 : Modélisation des échanges extérieurs dans SENEAU dynamique .....	344
Bloc 16 : Modélisation des prix dans SENEAU dynamique .....	345
Bloc 17 : Conditions d'équilibre dans SENEAU dynamique .....	346
Bloc 18 : Modélisation des équations dynamiques .....	347

# Sommaire des graphiques

Graphique 1 : Statut de l'enquêté.....	98
Graphique 2 : Genre du chef de ménage (%) .....	98
Graphique 3 : Proportion des ménages utilisant les différents modes d'approvisionnement.....	99
Graphique 4 : Structure en terme de mode d'approvisionnement.....	100
Graphique 5 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Grand Yoff .....	101
Graphique 6 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Yeumbeul.....	101
Graphique 7 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Fass Mbao .....	102
Graphique 8 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Autre Pikine.....	103
Graphique 9 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Hamdalaye 1.....	103
Graphique 10 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Ouakam .....	104
Graphique 11 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Médina Fass Mbao.....	104
Graphique 12 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Keur Massar .....	105
Graphique 13 : Structure des modes d'approvisionnement en eau potable des enquêtés à Boune .....	106
Graphique 14 : Année de branchement au système de raccordement privé .....	107
Graphique 15 : Statut de la personne ayant payé l'installation du branchement privé.....	107
Graphique 16 : Opinion des ménages sur la politique de la SDE en matière de branchements privés .....	109
Graphique 17 : Proportion des ménages non raccordés qui envisagent un branchement futur (%) .....	109
Graphique 18 : Opinion des ménages concernant la politique de la SDE en matière de bornes fontaines .....	110

Graphique 19 : Opinion des ménages concernant les améliorations à apporter au système des bornes fontaines .....	111
Graphique 20 : Utilisation d'autres modes d'approvisionnement en eau (branchement privé et borne fontaine exclus) (%) .....	112
Graphique 21 : Proportion des ménages utilisant les autres modes d'approvisionnement en eau .....	113
Graphique 22 : Répartition d'utilisation des autres modes d'approvisionnement en eau des ménages .....	113
Graphique 23 : Fréquence d'utilisation des autres modes d'approvisionnement lorsque ces derniers sont utilisés.....	114
Graphique 24 : Évènements favorisant une utilisation plus intensive de l'eau dans les cas des autres modes d'approvisionnement.....	114
Graphique 25 : Proportion des ménages 1 non raccordés qui accepteraient un plan d'amélioration des bornes fontaines si le prix de l'eau était de 35 FCFA/bassine de 30 litres (%).....	115
Graphique 26 : Choix des ménages 1 non raccordés entre l'option BP et BF selon conditions des options (coût de raccordement de 6000 FCFA et 10000 FCFA de facture d'eau contre 35 FCFA la bassine de 30 litres à la borne fontaine) (%).....	116
Graphique 27 : Proportion des ménages 1 non raccordés qui ont rejeté l'option BP avec un coût de raccordement à 6000 FCFA qui changerait d'avis si le coût de raccordement devient 3000 FCFA (%) .....	116
Graphique 29 : Proportion des ménages 2 non raccordés qui accepteraient un plan d'amélioration des bornes fontaines si le prix de l'eau était de 40 FCFA/bassine de 30 litres (%).....	118
Graphique 30 : Choix des ménages 2 non raccordés entre l'option BP et BF (coût de raccordement 6000 FCFA et 12500 FCFA de facture d'eau contre 40 FCFA la bassine de 30 litres à la borne fontaine) (%).....	118
Graphique 31 : Proportion des ménages 2 non raccordés qui ont rejeté l'option BP au coût de raccordement à 6000 FCFA et une facture d'eau à 12500 FCFA qui changerait d'avis si le coût de raccordement devient 3000 FCCFA (%) .....	119
Graphique 32 : Montant de la facture d'eau au BP que les ménages 2 non raccordés, qui rejettent l'option du BP si le coût de raccordement est de 6000 FCFA, sont prêts à payer .....	119
Graphique 33 : Proportion des ménages 3 non raccordés qui accepteraient un plan d'amélioration des bornes fontaines si le prix de l'eau était de 45 FCFA/bassine de 30 litres (%).....	120

Graphique 34 : Choix des ménages 3 non raccordés entre l'option BP et BF (coût de raccordement de 6000 FCFA et 15000 FCFA de facture d'eau contre 45 FCFA la bassine de 30 litres à la borne fontaine ) (%) .....	121
Graphique 35 : Montant de la facture d'eau au BP que les ménages 3 non raccordés, qui rejettent l'option du BP si coût de raccordement est de 6000 FCFA, sont prêts à payer .....	122
Graphique 36 : Choix des ménages 1 raccordés compte tenu d'une hausse bimensuelle de 500 FCFA de la facture d'eau au BP sur un an (%) .....	124
Graphique 37 : Volume de réduction de la consommation d'eau quotidienne au BP par les ménages 1 raccordés qui décident de réduire la consommation suite à la hausse tarifaire.....	125
Graphique 38 : Choix des ménages 2 raccordés compte tenu d'une hausse bimensuelle de 750 FCFA de la facture d'eau au BP sur un an (%) .....	126
Graphique 39 : Volume de réduction de la consommation d'eau quotidienne au BP par les ménages 2 raccordés qui décident de réduire la consommation suite à la hausse tarifaire.....	126
Graphique 40 : Choix des ménages 3 raccordés compte tenu d'une hausse bimensuelle de 1000 FCFA de la facture d'eau au BP sur un an (%) .....	127
Graphique 41 : Volume de réduction de la consommation d'eau quotidienne au BP par les ménages 3 raccordés qui décident de réduire la consommation suite à la hausse tarifaire.....	127
Graphique 42 : Proportion des ménages utilisant les différents modes d'approvisionnement (%) .....	132
Graphique 43 : Structure en terme de modes d'approvisionnement .....	132
Graphique 44 : Prix de la bassine de 30 litres à la borne fontaine (FCFA) .....	133
Graphique 45 : Prix d'un seau de 30 litres au puit seyaan (FCFA) .....	133
Graphique 46 : Prix d'un seau de 30 litres au voisin (FCFA) .....	134
Graphique 47 : Problèmes rencontrés par les ménages raccordés continuant à utiliser le branchement privé .....	136
Graphique 48 : Raisons de la non de la disposition d'un branchement privé .....	136
Graphique 49 : Caractéristiques du toit des habitats des ménages .....	141
Graphique 50 : Équipements en eau des ménages .....	142
Graphique 51 : Situation matrimoniale de l'enquêté .....	143
Graphique 52 : Personnes chargées de la corvée d'eau à la borne fontaine .....	144
Graphique 53 : Éthnie du chef de ménage .....	145
Graphique 54 : Activité principale de l'enquêté.....	146
Graphique 55 : Taille du ménage .....	147
Graphique 56 : Plus haute classe achevée par l'enquêté.....	148

Graphique 57 : Statut de l'enquêté dans la concession.....	148
Graphique 58 : Nombre de ménages dans la concession.....	149
Graphique 59 : Opinion des ménages sur la politique de la SDE en matière de branchements privés.....	151
Graphique 60 : Fréquence d'utilisation des bornes fontaines (%).....	171
Graphique 61 : Périodes d'utilisation plus intensive de l'eau des bornes fontaines.....	172
Graphique 62 : Distance entre l'habitation de l'enquêté et la borne fontaine.....	172
Graphique 63 : Usages de l'eau collectée par les ménages utilisant les bornes fontaines.....	173
Graphique 64 : Évènements provoquant un usage intensif de l'eau des bornes fontaines.....	173
Graphique 65 : Facteurs de la variation du prix de l'eau à la borne fontaine.....	174
Graphique 66 : Raisons de la non utilisation de la borne fontaine.....	175
Graphique 67 : Types d'avantages de la borne fontaine pour les ménages enquêtés.....	176
Graphique 68 : Types d'inconvénients de la borne fontaine pour les ménages enquêtés.....	176
Graphique 69 : Opinions des ménages concernant les avantages du système de revente à domicile (charretiers/porteurs).....	177

## **Politiques tarifaires de l'eau, sécurité alimentaire, vulnérabilité climatique au Sénégal : un modèle d'équilibre général calculable éclairé par une enquête ménages.**

### **Résumé :**

Dix ans après la réforme de privatisation, le service de l'eau potable urbain est perçu par les autorités sénégalaises comme l'un des plus performants d'Afrique. L'enquête auprès des ménages que nous avons menée en 2005 à Dakar tempère cette appréciation. Premièrement les résultats montrent que trois sources d'approvisionnement en eau potable coexistent fortement. Il s'agit des deux services améliorés (branchement privé et borne fontaine) et de la revente de voisinage. Cette dernière s'étant fortement développée sur la dernière décennie. Deuxièmement les modèles économétriques que nous estimons révèlent les caractéristiques des ménages raccordés au branchement privé et celles des ménages utilisateurs des bornes fontaines. Les résultats concluent que le niveau de richesse reflété par les équipements des habitats, l'alphabétisation, le fait que le chef de ménage soit une femme veuve et le fait d'être propriétaire augmentent la probabilité du raccordement. À l'inverse, le fait d'être locataire et d'avoir une préférence pour un achat quotidien de l'eau (révélateur de l'irrégularité des revenus) augmentent la probabilité d'utiliser les bornes fontaines. Enfin, la distance aux bornes fontaines (révélateur du coût d'opportunité du temps de transport nécessaire à la collecte d'eau) influence le choix de recourir ou non à celles-ci. Troisièmement, l'étude de consentement à payer des ménages non raccordés révèle que cette population est très difficilement disposée à supporter de nouvelles hausses tarifaires aux services d'eau améliorés.

Ces résultats orientent alors les spécifications retenues pour développer deux versions d'un modèle d'équilibre général calculable, l'un statique, l'autre dynamique, destinées à apprécier les effets globaux de contraintes sur la disponibilité des ressources en eau, et des politiques tarifaires envisageables.

La version statique, en simulant des sécheresses, a montré la forte vulnérabilité de l'économie sénégalaise aux ressources en eau, rendant le combat contre l'insécurité alimentaire difficile. Cependant, la version dynamique a montré que les effets très négatifs sur l'économie de déficits hydriques futurs pouvaient être contrecarrés par la mise en place d'une politique tarifaire de gestion de la demande au coût marginal. Couplée à une subvention de l'État versée au secteur de production d'eau potable, la tarification au coût marginal 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. Ce résultat va à l'encontre des directives des bailleurs de fond (Banque mondiale, FMI) qui imposent aux sociétés d'eau la contrainte d'équilibre budgétaire. La thèse remet en question le tarif de base (coût moyen), trop élevé, sur lequel repose la structure tarifaire progressive du prix de l'eau au Sénégal.

**Mots-clés :** Enquête ménages, Eau potable, Consentement à payer, tarification de l'eau, modèle d'équilibre général calculable, dynamique, concurrence imparfaite, Afrique.

# Water pricing policies, Food Security, Climatic Vulnerability in Senegal: a Computable General Equilibrium Model from a Households Survey

## Abstract:

Ten years after the privatization reform, the urban drinking water sector is considered as a success in Africa. Our households survey (Dakar, 2005) mitigates this conclusion. Firstly, the results show that three important drinking water sources exist: private connection and standposts (improved services) and resale by the neighbors. Secondly, the econometric demand models we estimate reveal characteristics of households who are connected to the piped water network and characteristics of households who use standposts. We conclude that level of richness (habitat characteristics), elimination of illiteracy, to be a widowed woman and to be owner increase the probability to be connected to the piped water network. To be tenant and to prefer daily water expenditure (incomes irregularity) increase the probability of using standposts. Distance to standposts (opportunity cost of time spent collecting water) influences the choice to use them. Lastly, Willingness to Pay survey reveals that households who are not connected to the piped water network are not laid out to pay more for services improvements.

Results are used to define specifications of a static and a dynamic computable general equilibrium model. The simulations of these models describe the effects of constraints on the water resources availability and the effects of water pricing policies.

The static version describes the strong vulnerability of the Senegalese economy to hydric deficit. The dynamic version shows that marginal cost water pricing (with a subsidy ensuring the survival of the water production sector) makes it possible in the long term to absorb the shock of the resource shortage. GDP, investment and welfare increase. Unemployment drops and the sectors of rain rice, market gardening and drinking water distribution grow. In contrast, the current policy of average cost pricing of water leads the long-term economy in a recession with an agricultural production decrease, a strong degradation of welfare and a rise of unemployment. This result goes against the directives of international organizations that impose budget equilibrium to the water companies. This thesis questions the basic tariff (average cost) on which block water pricing is based in Senegal.

**Keywords:** Households survey, Drinking water, Willingness To Pay, Water pricing, Computable General Equilibrium Model, dynamic, imperfect competition, Africa.

**Centre d'Analyse et de Recherche en Économie (CARE)**  
**UFR Droit-Économie-Gestion**  
**3, avenue Pasteur**  
**76186 Rouen cedex**  
**France**