

HEC MONTRÉAL

**Développement et inégalités d'accès à l'eau:
Tarification des services publics en contexte de corruption
endémique**

**par
François Seyler**

**Sciences de la gestion
(Économie appliquée)**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention
du grade de maîtrise ès sciences de la gestion
(M. Sc.)*

Octobre 2015

© François Seyler, 2015

Recherche ne nécessitant pas l'approbation du CER

Ce formulaire est requis pour les thèses, mémoires ou projets supervisés correspondant à une des deux situations suivantes :

- 1) un cas pédagogique;
- 2) une recherche menée auprès d'employés d'une organisation spécifique et qui servira exclusivement à des fins d'évaluation, de gestion ou d'amélioration de cette organisation.

Ou, la thèse, le mémoire ou le projet supervisé n'implique aucune des trois situations suivantes :

- 1) une collecte de données impliquant des sujets humains (par entrevue, groupe de discussion, questionnaire, observation ou toute autre méthode de collecte);
- 2) l'utilisation de données déjà collectées impliquant de l'information sur des sujets humains qui n'est pas accessible au public;
- 3) le couplage de plusieurs des données impliquant de l'information sur des sujets humains, que celle-ci soit publique ou non (le couplage est un recoupement de deux ensembles de données distincts qui permet de lier des données particulières entre elles).

Titre de la
recherche :

Développement et inégalités d'accès à l'eau: Tarification des services publics en
contexte de corruption endémique

Nom de l'étudiant : SEYLER François

Signature : 

Date : 29/10/2015

Nom du directeur : Étienne de Villemeur et Justin Leroux

Signature :  

Date : 29 octobre 2015

Veillez remettre ce formulaire dûment complété et signé lors de votre dépôt initial

Pour toute question, veuillez vous adresser à cer@hec.ca

Résumé

Afin de mieux comprendre la façon dont la corruption affecte la qualité des services publics et contribue à l'accroissement des inégalités dans les pays du Sud, nous examinons le cas de l'accès à l'eau potable à Port-au-Prince, où la situation est aujourd'hui fortement inégalitaire. La présence de corruption endémique contribue à aggraver les inégalités existantes en occasionnant une vaste concurrence entre les usagers, les ménages les plus pauvres n'étant généralement pas en mesure de verser les pots-de-vin nécessaires à garantir un meilleur accès. De plus, la tarification en place ne permet pas de remédier à cette situation, et nous nous appuyons donc sur une politique de tarification alternative, plus équitable, afin d'explorer la manière dont il est possible de réformer concrètement les institutions malgré les entraves inhérentes à la corruption. Ainsi, nous présentons un modèle théorique offrant une représentation des mécanismes par lesquels les inégalités se perpétuent et sont susceptibles d'être combattues à travers la mise en place d'une nouvelle tarification. Après avoir introduit formellement le processus par lequel la corruption affecte l'accès à l'eau potable à Port-au-Prince, nous procédons à la résolution du modèle à l'aide d'un jeu séquentiel décrivant les interactions stratégiques entre deux agents. La résolution et l'analyse de statique comparative nous permettent d'observer que les pouvoirs publics ne sont pas entièrement démunis lorsqu'il s'agit de promouvoir une meilleure gouvernance dans les services publics, notamment à travers la mise en place de systèmes d'incitatifs appropriés. De plus, le modèle suggère que la fixation du tarif lui-même peut constituer un enjeu important tant dans le but d'étendre l'accès à l'eau potable au plus grand nombre que de limiter l'argent public détourné. Enfin, les résultats illustrent l'importance de l'environnement institutionnel, puisqu'il apparaît que tout choc affectant négativement les institutions pourra stimuler la corruption et rendre d'autant plus difficile l'amélioration de la qualité du service.

Mots clés: Accès à l'eau potable, inégalités, corruption, changement institutionnel, tarification de l'eau, services publics.

Abstract

In order to improve our understanding of how corruption affects the quality of public services and contributes to rising inequalities in the South, we examine the access to drinking water in Port-au-Prince, where the situation is currently highly unequal. The presence of endemic corruption tends to aggravate these existing inequalities, in particular by causing extensive competition among users; the poorest households being generally unable to afford the bribes required for a better access. In addition, the current pricing system does not allow for any improvement, and we therefore rely on an alternative pricing policy – designed precisely to favour the reduction of inequalities – in order to explore the ways in which it remains possible to implement concrete institutional reforms in spite of the obstacles inherent to the presence of corruption. Thus, we present a theoretical model offering a representation of the mechanisms by which inequalities are perpetuated and are likely to be addressed through the adequate pricing scheme. After formally introducing the process by which corruption affects access to drinking water in Haiti, we proceed to the resolution of the model using a sequential game describing the strategic interactions between two agents. The resolution, as well as the comparative statics analysis, allows us to observe that public authorities are not entirely powerless when it comes to promoting better governance in public services, in particular through the establishment of appropriate incentive systems. Furthermore, the model suggests that fixing the tariff itself can be an important issue both in order to expand access to drinking water and to limit embezzled public investments. Finally, our results illustrate the importance of the institutional environment, as it appears that any shock negatively affecting institutions may encourage corruption and compromise the improvement of service quality.

Keywords: Access to drinking water, inequalities, corruption, institutional change, water pricing, public services.

Table des matières

Résumé.....	i
Abstract	ii
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux et des figures	iv
Remerciements.....	v
1. Introduction.....	1
2. Revue de littérature	7
2.1 L'accès à l'eau potable en Haïti.....	7
<i>a) Contexte actuel</i>	<i>7</i>
<i>b) Une première tentative de restructuration</i>	<i>8</i>
2.2 Les fondements de la tarification de l'eau potable.....	10
<i>a) Les modèles traditionnels de tarification</i>	<i>10</i>
<i>b) Les leçons à tirer des politiques de tarifications dans les pays du Sud.....</i>	<i>13</i>
2.3 Réformer la tarification de l'eau en Haïti.....	17
<i>a) Tarifier l'eau pour lutter contre les inégalités.....</i>	<i>17</i>
<i>b) Corruption et contraintes du cadre institutionnel</i>	<i>19</i>
3. Modélisation théorique.....	21
3.1 Cadre conceptuel: l'introduction d'une nouvelle politique de tarification	21
3.2 Extension du modèle: spécification d'une représentation de la corruption	25

4. Prémices de la résolution du modèle.....	30
4.1 Jeu séquentiel.....	30
4.2 Spécification d'une forme fonctionnelle	35
5. Résolution et statique comparative	39
5.1 Problème des habitants de R	39
<i>a) Résolution</i>	39
<i>b) Analyse de statique comparative</i>	40
5.2 Problème de l'opérateur public	47
5.3 Discussion et remise en contexte.....	50
6. Conclusion, limites et perspectives de recherche.....	56
Bibliographie.....	59
Annexe 1: Résolution du problème des habitants de la zone R sous l'hypothèse d'une forme fonctionnelle	64
Annexe 2: Résolution en l'absence de contraintes sur les dépenses d'investissement	69
Annexe 3: Caractérisation des dépenses d'investissement et implications sur l'analyse du bien-être.....	69

Liste des tableaux et graphiques

Liste des tableaux

Tableau 1: Régression du prix moyen d'accès à l'eau sur le nombre de ménage par immeuble.....	15
Tableau 2: Nombre de ménage par immeuble et indicateurs socioéconomiques	15
Tableau 3: Tarifs mensuels et indicateurs socioéconomiques pour différentes sources d'accès à l'eau	16

Liste des graphiques

Graphique 1: F(x) avec $\bar{x} = 2$	37
Graphique 2: F(x) avec $\bar{x} = 4$	38

Remerciements

En premier lieu, je tiens à exprimer toute ma gratitude envers Justin Leroux et Etienne Billette de Villemeur qui, bien au-delà de leurs rôles de directeurs de recherche, ont su me guider, me conseiller et me soutenir dans la rédaction de ce mémoire, sans faillir ni perdre patience malgré tout ce que les circonstances ont parfois pu exiger d'eux, y compris à distance et dans l'urgence. Un grand merci!

Ce mémoire n'aurait également jamais vu le jour sans le soutien infaillible et quotidien d'Aïsha, qui a su déployer des trésors de patience au cours des longs mois de recherche dont cette étude constitue l'aboutissement. Je lui en serai toujours reconnaissant, de même qu'à ma famille, Patrick, Frédérique et Pierre, pour leurs conseils avisés, leurs relectures attentives, et leur confiance inébranlable.

Enfin, un grand merci à mes amis de l'Institut d'Économie Appliquée, en particulier Adrian et Josh, pour avoir su à la fois me distraire quand j'en avais besoin, et me stimuler quand il le fallait. Nos nombreuses discussions ont sans aucun doute alimenté le contenu de ce mémoire.

1. Introduction

Dans *L'idée de Justice* (2009), Amartya Sen, philosophe et prix Nobel d'économie, se fait le défenseur d'une justice de l'action tangible plutôt que des grands principes. Au travers d'une controverse avec John Rawls, autre grand penseur de la justice sociale, il développe sa conception d'une justice basée sur les *capabilités*, concept central dans la pensée de l'auteur (voir également Sen, 1987). L'idée de capacité, c'est-à-dire l'aptitude d'un individu à faire usage de sa liberté, ses possibilités d'actions, est avancée comme pierre angulaire et critère essentiel de l'évaluation des institutions et de la mise en place d'actions concrètes pour lutter contre les injustices. Celles-ci sont particulièrement marquées dans de nombreux pays du Sud, où subsistent d'importantes disparités, notamment quant aux droits sociaux fondamentaux et à la façon dont les services publics sont accessibles aux citoyens. Nombreux sont les individus parmi les plus démunis à être privés d'accès aux infrastructures élémentaires, et il en découle une pauvreté urbaine rampante. De telles infrastructures, parmi lesquelles figure l'accès aux services de santé, à l'éducation, à l'eau potable et à l'assainissement, ou encore à un logement décent et à l'énergie, ont des effets majeurs sur la capacité des individus à sortir de la pauvreté (Menéndez, 1991). L'absence d'accès aux services publics constitue donc un frein majeur pour le développement, et représente un défi capital pour de nombreux pays.

Cette nécessité de mettre en place des actions concrètes et innovantes permettant de renforcer les capacités des citoyens est particulièrement bien illustrée par le cas d'Haïti, pays le plus pauvre de l'hémisphère occidental (Banque Mondiale, 1998). D'après un rapport de la Banque Mondiale paru en 2014, le séisme dévastateur qui frappa le pays en janvier 2010 fit plus de 230 000 morts, détruisit les infrastructures et réduisit à néant la capacité institutionnelle du gouvernement. Si la nation peine encore aujourd'hui à se relever de cette catastrophe, la situation en Haïti est depuis longtemps difficile. Avant le séisme, le pays souffrait d'ores et déjà d'une croissance rendue stagnante par plusieurs décennies d'instabilité politique, de faiblesse institutionnelle et de corruption endémique. En 2012, près d'un quart de la

population demeure en dessous du seuil de pauvreté absolue, vivant avec moins de 1 \$US par jour, tandis que 59% vit avec moins de 2 \$US par jour. Haïti figure également parmi les pays souffrant le plus des inégalités au monde, avec un coefficient de Gini de 0,66. Enfin, le pays est classé 161ème sur 187 en termes d'Indice de Développement Humain (IDH) en 2012, et dans son *Corruption Perceptions Index* de 2014, Transparency International classe également Haïti à la 161ème position sur un total de 175 pays.

À la lumière de ces différentes informations, il n'apparaît guère étonnant que l'accès aux services publics représente une difficulté majeure à Port-au-Prince, capitale de la République d'Haïti. L'état actuel des infrastructures constitue un enjeu décisif: seul 8,5% de la population du pays bénéficiait d'un accès au réseau de distribution d'eau potable en 2003 (recensement de l'Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique). Cet enjeu est encore accentué par une urbanisation croissante, et la Banque Mondiale (2006) souligne l'important défi démographique auquel est actuellement confronté le pays. En effet, la croissance de la population, combinée à un exode rural massif, contribue à l'insécurité croissante et à l'expansion des bidonvilles qui surchargent les villes haïtiennes. La croissance démographique, actuellement de 2,2% par an, pourrait faire passer la population de 8 millions en 2003 à environ 12,3 millions en 2030. Dans un contexte où l'accès à l'éducation, aux services de santé et aux infrastructures est fortement inégalitaire, souvent réservé aux citoyens les mieux nantis, et où une part importante des services sociaux est assurée par les organisations non gouvernementales et le secteur privé (Klitgaard, 2010), ceci représente un défi considérable pour le gouvernement.

Parmi les infrastructures urbaines traditionnellement associées au secteur public, l'accès à l'eau potable revêt une importance cruciale, et c'est sur lui que nous nous focaliserons dans le cadre de cette étude. Duflo, Galiani et Mobarak (2012) soulignent l'importance de l'accès à l'eau potable et de l'assainissement pour la santé et la qualité de vie. De nombreux bénéfices considérables en dépendent, parmi lesquels une espérance de vie plus longue, ou encore un taux de scolarisation plus élevé. L'absence d'accès à une eau de qualité est également responsable de

nombreuses maladies, en particulier la diarrhée, l'une des causes principales de la mortalité infantile en Haïti (Pierre et al., 2010). De nombreux travaux soulignent la forte corrélation entre absence d'accès à l'eau potable et mortalité infantile, et démontrent que cette dernière décroît à mesure qu'augmente le pourcentage de la population ayant accès aux services publics (Schultz, 1979 ; Feachem, 1981 ; Shi, 2000). Si l'Objectif du Millénaire pour le Développement (MDG) concernant l'accès à l'eau — réduire de moitié la population mondiale sans accès à l'eau potable avant 2015 — a effectivement été atteint (The Millenium Development Goals Report, 2014), beaucoup reste encore à accomplir. Des inégalités manifestes demeurent, 748 millions d'individus, (plus de 10% de la population mondiale), en vaste majorité situés dans les pays du Sud, demeurant sans accès à une eau salubre en 2012 (UNICEF et OMS, 2014). De plus, dans le cadre des Objectifs de Développement Durable récemment adoptés par les Nations Unies (ODD, 2015), étendre l'accès à l'eau et à l'assainissement pour tous est aujourd'hui une cible majeure.

Enfin, aussi importantes que soient ces infrastructures pour le développement, l'accès à l'eau potable demeure un secteur fortement vulnérable à la corruption (Davis, 2004), celle-ci pouvant prendre une ampleur considérable et affectant en premier lieu les ménages les plus pauvres. La corruption constitue un important obstacle pour les gouvernements, puisqu'elle oppose un frein à la mise en place de services publics efficients et à l'établissement de régulations en cas de défaillance des marchés (Deininger et Mpuga, 2005). Ce dernier aspect nous semble crucial: dans un contexte où la corruption est omniprésente, où les pots-de-vin sont monnaie courante, et où les intérêts politiques — plutôt que les nécessités réelles — déterminent parfois l'allocation des financements, de quelle façon peut-on concevoir des politiques d'accès aux services publics qui soient résilientes à la corruption et agissent concrètement en faveur du bien-être des populations?

C'est à cette question que nous tenterons de répondre à travers cette étude: en évaluant l'accès à l'eau potable dans le cas d'Haïti, nous examinerons de quelle manière des mesures de justice distributive peuvent servir de levier pour le développement dans un contexte de corruption endémique. Nous nous appuyerons

sur une politique de tarification proposée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul (2014) prenant en compte la situation actuelle de la métropole de Port-au-Prince et de la République d'Haïti où en l'absence de compteurs et étant donné le caractère épisodique de la distribution dans les quartiers défavorisés, la tarification actuellement forfaitaire équivaut à une subvention aux ménages les plus riches. Les auteurs démontrent la nécessité de tarifier l'eau en proportion du fonctionnement effectif du service, et nous nous appuyerons sur leur cadre théorique afin de représenter la corruption comme une variable clé du problème posé par la mise en place d'une tarification équitable, ce qui constituera l'une des contributions principales de cette étude. Ainsi, nous présenterons un modèle théorique reposant sur la division conceptuelle de Port-au-Prince en deux zones distinctes, ce qui offrira une représentation des inégalités et de la façon dont la corruption contribue à accroître celles-ci. Après la résolution du modèle à l'aide d'un jeu séquentiel, nous procéderons à une analyse de statique comparative afin de mieux comprendre les effets de la corruption, et d'obtenir des perspectives sur la façon dont ceux-ci peuvent être combattus dans le cadre de l'accès à l'eau potable en Haïti.

Si un corpus de littérature grandissant se consacre à des problématiques similaires, de nombreux travaux mettent l'accent sur la nécessité de réformes considérables au niveau macroéconomique et sur la mise en place de nouvelles infrastructures fortement intensives en capital. Bien souvent, l'importance des défis qui attendent les états désireux de remédier à ces situations implique que des solutions à grande échelle soient mises en avant (Davis, 2004). Pourtant, la faisabilité de ces réformes n'est pas toujours assurée, en particulier dans le contexte des pays en développement (PED), où l'incertitude des finances publiques et les précautions logistiques ou légales peuvent constituer de sérieux obstacles (Duflo et al., 2012). De telles contraintes peuvent sembler accablantes. Pourtant, nous pensons qu'il existe des possibilités de réforme malgré ces entraves, et c'est précisément cette vision que nous défendrons dans la présente contribution: au-delà des traditionnels clivages de la *doxa* économique sur les questions de justice sociale, nous chercherons à démontrer comment l'adoption d'une mesure relativement simple, susceptible d'être mise en place rapidement et sans nécessiter de coûteux

investissements, peut permettre de remédier — au moins partiellement — à une situation fortement inégalitaire.

Ainsi, en plus de contribuer à la littérature microéconomique sur l'accès aux services publics, nous espérons participer à la réflexion mettant en avant le rôle des institutions, en tant "qu'ensemble de règles, la façon dont ces règles sont garanties, et les normes de comportements qui en découlent¹" (North, 1989, p. 4) dans le développement économique. Si l'importance des institutions fait désormais l'objet d'un consensus au sein de la littérature, la façon de concevoir le changement institutionnel diffère d'un auteur à l'autre. Dans le cadre de cette étude, nous soutiendrons l'importance des "changements à la marge", tels que défendus par Banerjee et Duflo (2011), par opposition à une vision plus pessimiste, celle de la difficulté de réformer les institutions dans un contexte tel que celui d'Haïti, où la "loi d'airain de l'oligarchie" fait souvent obstacle au changement. (Acemoglu et Robinson, 2012)

En représentant les enjeux de l'accès à l'eau potable à Port-au-Prince à l'aide d'un jeu séquentiel décrivant les interactions stratégiques entre deux agents, nous démontrerons que non seulement la politique de tarification proposée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul (2014) permet de lutter contre les inégalités, mais l'adoption de cette mesure, parallèlement à la mise en place de mécanismes incitatifs, pourrait également contribuer à réduire les montants d'investissement détournés, encourageant *de facto* à la rénovation du réseau d'adduction en eau potable là où il est le plus défectueux. Ainsi, la résolution du modèle suggère que malgré l'inertie associée au changement institutionnel, il demeure possible, sous certaines conditions, de mettre en place des réformes internes susceptibles d'améliorer la qualité des services publics, et ce même dans un contexte où la corruption constitue un sérieux obstacle. Néanmoins, comme nous pourrions le constater, de nombreux facteurs demeurent susceptibles d'affecter négativement la qualité institutionnelle et de renforcer les incitatifs à détourner des investissements publics, rendant d'autant

¹ Librement traduit.

plus difficile d'améliorer de la qualité du service et d'en étendre l'accès aux plus démunis.

Dans la section suivante (section 2), nous aborderons la littérature à travers les grandes thématiques de la tarification de l'eau potable et de l'accès à l'eau en Haïti. Par la suite (section 3), nous présenterons le cadre théorique de la modélisation, en particulier à travers le modèle de tarification proposé par Billette de Villemeur, Leroux et Paul (2014), ainsi que la méthode que nous adopterons afin de modéliser la corruption dans l'accès à l'eau potable. La section 4 sera dédiée aux premières étapes de résolution du modèle, ainsi qu'à la spécification de la forme fonctionnelle qu'il nous sera nécessaire d'adopter afin de poursuivre la résolution. Enfin, nous procéderons à la résolution proprement dite ainsi qu'à l'analyse de statique comparative et à la discussion des résultats (section 5), avant de conclure (section 6) sur les perspectives que la modélisation nous permet d'obtenir quant à l'amélioration de l'accès à l'eau potable en Haïti.

2. Revue de littérature

Dans cette section, nous procédons à une revue de la littérature sur les principaux enjeux de l'accès à l'eau potable et de sa tarification dans le cas d'Haïti, et plus spécifiquement de la métropole de Port-au-Prince. Nous aborderons dans un premier temps la situation actuelle à laquelle fait face le pays en matière d'accès à l'eau, puis nous analyserons les différents modèles de tarification traditionnellement utilisés, leurs fondements théoriques, et les principales limites de leur application dans le contexte haïtien. Par la suite, après avoir présenté la contribution apportée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul (2014), nous discuterons d'un obstacle important pouvant s'opposer à l'efficacité des réformes du secteur public d'approvisionnement en eau potable: la corruption. Ceci nous permettra d'illustrer la principale contribution de cette étude, soit la prise en compte de l'impact de la corruption dans un modèle théorique de tarification.

2.1. L'accès à l'eau potable en Haïti

a) Contexte actuel

La croissance démographique soutenue qu'a connue la métropole de Port-au-Prince au cours de ces dernières décennies a eu pour effet d'augmenter considérablement la pression exercée sur les infrastructures publiques, en particulier l'accès à l'eau potable et l'assainissement, qui ont subi un effondrement presque complet. D'après Collignon et Valfrey (1998), les ressources en eau elles-mêmes semblent pourtant suffisantes, puisque les différentes sources sur lesquelles repose la distribution d'eau sont en mesure de fournir un total de 110 000 m³/jour, soit plus que dans de nombreuses autres métropoles du Sud et dans lesquelles le service est pourtant considéré de bonne qualité. Par conséquent, si cette infrastructure essentielle fait défaut à une fraction aussi importante de la population, ce n'est pas

par manque de la ressource naturelle elle-même, mais bien à cause d'un problème majeur de gouvernance.

En effet, de nombreux quartiers de Port-au-Prince demeurent sans accès au réseau de distribution d'eau potable, moins de 10% des ménages bénéficiant d'une connexion au réseau. De plus, le fait qu'un quartier soit raccordé n'implique par pour autant que ses habitants aient accès à l'eau, le réseau n'étant généralement pas effectif plus de quelques heures par semaine. Pourtant, malgré les déficiences considérables du service, l'opérateur public en charge de la distribution d'eau potable (la Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement - DINEPA) facture ses prestations de façon forfaitaire, puisque la métropole est majoritairement dépourvue de compteurs. Cette situation a favorisé l'émergence de très nombreux revendeurs privés, depuis les camions citernes assurant la distribution en gros, jusqu'à la vente de voisinage et de rue par des particuliers (Jaglin, 2001). Ainsi, 67% des ménages se fournissaient en eau par le biais de l'achat de seaux auprès de tels fournisseurs en 2003 (Billette de Villemeur, Leroux et Paul, 2014). Si cela peut de prime abord apparaître comme un alternative bienvenue face à la déficience des infrastructures publiques, les prix prohibitifs pratiqués par ces revendeurs, près de 8 fois plus élevés que ceux de l'opérateur public (Collignon et Valfrey, 1998), constituent en réalité une source majeure d'inégalités, puisque ceux qui nécessitent d'avoir recours à ces services sont précisément les plus démunis, résidant généralement dans les quartiers défavorisés en termes d'accès aux infrastructures.

b) Une première tentative de restructuration

Ce contexte difficile soulève la nécessité de mettre en place des réformes concrètes, menant à terme à la restructuration du service à Port-au-Prince, en vue d'en faire bénéficier le plus grand nombre. Une tentative visant à alimenter en eau les bidonvilles de Port-au-Prince et s'inscrivant dans cette logique a été mise en place à la fin des années 1990, avec pour objectif principal de mettre en place un système de bornes-fontaines payantes, gérées de façon communautaire.

En effet, la gestion communautaire de l'eau potable, centralisée à l'échelle d'un quartier, de plusieurs ménages, voire d'un village, figure parmi les solutions parfois avancées pour améliorer l'accès à l'eau dans les pays du Sud (Mara et Alabaster, 2008). Particulièrement défendue par les ONG, ce type d'approche se heurte toutefois au même type de problèmes que la tarification forfaitaire actuelle, les plus démunis se trouvant être ceux qui encourent les coûts les plus élevés. Etienne (2003) explique que les notables des communautés où ce type de politique est utilisé s'approprient bien souvent les infrastructures initialement destinées à tous. Les intérêts personnels priment alors sur ceux de la communauté, entraînant de nombreux problèmes de gestion, voire des détournements de fonds. Ainsi, à Port-au-Prince, des "comités de l'eau" (*comité d'lo*) ont été mis en place, chargés de collaborer avec l'opérateur public pour représenter les consommateurs des quartiers défavorisés et y assurer la distribution d'eau. Cependant, des comportements de recherche de rentes peuvent apparaître dans ces structures, dont la légitimité est souvent contestée par les citoyens, un petit groupe d'individus ayant alors la mainmise sur les ressources. On constate que si cette première tentative de restructuration a eu le mérite d'apporter une solution d'appoint à un problème bien réel — elle a notamment permis la remise en service de nombreuses bornes-fontaines (d'après Collignon et Valfrey, plus aucune ne fonctionnait en 1994) — il est néanmoins clair que cela ne permettra pas de résoudre le problème persistant de l'accès à l'eau des plus pauvres. Ce premier exemple nous fournit un aperçu concret de l'une des raisons pour lesquelles les réformes des politiques de tarification peuvent ne pas offrir les résultats attendus, la faiblesse du cadre institutionnel laissant souvent apparaître des comportements corrompus, ce qui nuit en priorité aux plus démunis. La vulnérabilité des réformes à la corruption constitue ainsi un facteur que nous devons impérativement prendre en compte dans la modélisation du problème de l'accès à l'eau à Port-au-Prince.

De plus, la question de la mise en place d'une politique de tarification permettant une amélioration durable devient d'autant plus fondamentale. S'il serait inefficace d'interdire les mécanismes de l'économie parallèle des revendeurs privés (Jaglin, 2001), il demeure toutefois nécessaire d'élaborer des solutions permettant

d'œuvrer en faveur de la justice sociale. Dans la section suivante, nous nous tournons donc vers l'évaluation des politiques de tarification traditionnellement mises en avant dans la littérature dédiée, afin de mieux comprendre leurs limites dans le cadre de l'accès à l'eau potable à Port-au-Prince.

2.2. Les fondements de la tarification de l'eau potable: modèles et limites dans le cadre d'Haïti

a) Les modèles traditionnels de tarification

S'il peut paraître étonnant de parler de tarification pour un droit aussi essentiel que l'accès à l'eau potable, il s'agit pourtant bel et bien d'un aspect capital. En effet, du fait de sa nature essentielle à la vie, il peut être difficile de concevoir l'eau comme un bien économique. Pourtant, même en omettant le grave problème de la durabilité des ressources en eau douce à l'échelle de la planète, la complexité et le gouffre financier que représentent à eux seuls le captage, le traitement et l'approvisionnement de l'eau, tant dans les villes qu'en milieu rural, justifient d'attribuer cette dimension économique à l'eau, et soulèvent la question de son partage et de ses coûts.

Ainsi, il est crucial que l'opérateur en charge de l'approvisionnement de l'eau potable soit en mesure de générer suffisamment de revenus pour assurer la maintenance du réseau et couvrir ses coûts d'opération (AWWA, 2012). Force est de constater que sans une tarification appropriée, permettant de couvrir au moins partiellement les coûts encourus, les infrastructures d'accès à l'eau potables se dégradent, affectant en premier lieu les plus nécessiteux (Vincent, 2003). D'après Noll, Shirley and Cowan (2000), l'économie de l'approvisionnement en eau en milieu urbain comprend un certain nombre de composantes majeures, notamment les coûts de l'approvisionnement lui-même, les facteurs liés à la demande et les externalités associées à ce service. Le coût en lui-même dépend d'un certain nombre d'éléments, depuis son captage et son traitement jusqu'à sa distribution, en passant par d'importants coûts d'opportunité englobant les usages alternatifs de la ressource.

Si cette structure de coûts a d'importantes conséquences sur la façon dont les politiques de tarification sont conçues, il est communément reconnu qu'une tarification équitable doit faire en sorte que les prix pratiqués reflètent le coût de la fourniture du service aux différents consommateurs (AWWA, 2012). Ce principe élémentaire d'équité implique, en toute logique, que des usagers ayant la même consommation doivent être traités de manière similaire. Il semble ainsi profondément injuste que deux usagers qui ne disposent pas d'un accès à l'eau équivalent (par exemple, l'un bénéficiant de la ressource en continu, l'autre seulement quelques jours par mois) soient amenés à payer le même tarif. On observe donc que les tarifications de type *forfaitaire*, telle que celle actuellement adoptée à Port-au-Prince, présentent des inconvénients majeurs. Outre le fait qu'il peut souvent être inéquitable, ce type de tarification n'encourage pas à la conservation de la ressource et ne permet pas à l'opérateur de collecter des informations sur la consommation des ménages (Leroux et al., 2014).

Par ailleurs, de nombreux économistes soutiennent l'emploi d'une tarification basée sur le *coût marginal*, dans laquelle le prix du service correspond au coût de production de la dernière unité distribuée. En effet, du point de vue de l'efficacité économique, il est nécessaire afin d'atteindre un optimum de Pareto de pratiquer une "dépéréquation" temporelle et spatiale des tarifs (ce qui ne va pas nécessairement à l'encontre de l'équité, puisque chaque consommateur dans la même situation paye le même prix). Le bien-être social est alors maximisé lorsque chaque utilisateur paie un prix correspondant au coût additionnel encouru par l'opérateur du fait de la consommation de cet utilisateur (Percebois, 1999). Cette approche est particulièrement préconisée du point de vue de la conservation des ressources, puisqu'elle encourage les usagers à responsabiliser leur comportement. Par exemple, les tarifs augmentent lorsque la ressource se fait rare, ce qui envoie un signal aux consommateurs, qui réduisent alors leur usage (AWWA, 2012). Néanmoins, dans le cas très spécifique d'Haïti, bien que la conservation de la ressource soit d'une réelle importance, ce problème peut sembler moins urgent que la nécessité de garantir l'accès à l'eau pour tous. En effet, le gaspillage de l'eau à Port-au-Prince est actuellement en majeure partie imputable à l'état de délabrement des infrastructures,

plutôt qu'à d'éventuels comportements irresponsables (Billette de Villemeur, Leroux et Paul, 2014).

De plus, d'après la *théorie du monopole naturel* (Boiteux, 1956), une tarification au coût marginal peut être génératrice de pertes considérables pour l'opérateur (lorsque le coût marginal est inférieur au coût moyen), rendant difficile la maintenance du service. Cet aspect tend donc à compromettre l'application d'une tarification simplement basée sur le coût marginal à Port-au-Prince, étant donnée l'absolue nécessité de permettre à l'opérateur de générer suffisamment de revenus pour assurer la rénovation du réseau. Plusieurs autres possibilités ont été envisagées, notamment la tarification de type *Ramsey-Boiteux*, qui ajoute au coût marginal une prime inversement proportionnelle à l'élasticité-prix de la demande. Les usagers dont la demande est moins élastique, qui sont donc "captifs", permettent alors à l'opérateur de retourner à l'équilibre budgétaire en récupérant ses coûts fixes. Cette alternative présente toutefois des inconvénients considérables, puisque — outre le fait qu'elle est particulièrement discutable du point de vue de l'équité — ce type de tarification suppose que l'opérateur est en mesure de diviser les usagers en fonction de leur élasticité-prix (Percebois, 1999). L'acquisition de ce type d'information peut s'avérer extrêmement coûteuse, vraisemblablement d'autant plus avec une tarification forfaitaire et en l'absence de compteurs, ce qui rend, dans la pratique, une telle tarification difficilement applicable en Haïti.

Enfin, les tarifications de type *non linéaire binôme* permettent de remédier à la nécessité de connaître les élasticités à l'aide d'un système de discrimination par les prix. Dans ce cas de figure, le tarif comprend deux composantes, une prime fixe et un montant variable qui dépend de la quantité consommée. En plus de faire en sorte que les usagers se positionnent d'eux-mêmes aux différents niveaux de la tarification, cette alternative présente pour avantages d'offrir au fournisseur une base de revenus relativement stable (à travers la composante fixe), et d'encourager les consommateurs à la modération (avec la partie variable) (Rogers, De Silva et Bhatia, 2002). Cependant, pour qu'un tel tarif puisse fonctionner, il est nécessaire que le consentement à payer des usagers soit au moins supérieur à la partie fixe du tarif

(Percebois, 1999), ce qui peut se révéler problématique dans le cadre des pays du Sud. Il existe toutefois une option particulièrement populaire, la *tarification par blocs*, qui rassemble les mêmes composantes, mais avec une importante différence pour la partie variable, puisque dans ce type de configuration, celle-ci va dépendre de différentes tranches de consommation. Par exemple, dans *une tarification par bloc progressifs* le prix augmente en fonction du volume d'eau utilisé. La partie variable du coût sera donc relativement faible pour la première tranche de consommation, puis augmentera à mesure que celle-ci évolue. Ce type de tarification est d'ailleurs considéré comme plus efficace du point de vue de la maximisation du bien-être social qu'une tarification de type Ramsey-Boiteux (Boyer et al., 2003), ce qui contribue également à justifier sa popularité. En théorie, préconiser une telle tarification pourrait donc sembler approprié dans le cas de Port-au-Prince. Pourtant, la situation actuelle de l'accès à l'eau potable dans les pays du Sud nous enseigne que les théories habituellement mises en avant sont parfois démunies face aux réalités du terrain. En effet, comme nous pourrons le constater dans la section suivante, tant que la mise en place de compteurs d'eau ne se sera pas généralisée, ce qui risque de ne pas se produire immédiatement à Port-au-Prince, l'application d'un modèle de tarification "traditionnel" pourrait avoir des effets négatifs imprévus.

b) Les leçons à tirer des politiques de tarifications mises en places dans les pays du Sud

Dans de nombreux pays du Sud, les politiques de tarification par blocs progressifs (TBP) ont longtemps été particulièrement populaires, bien souvent mises en place sous les conseils des institutions multilatérales d'aide au développement (Boland et Whittington, 1998). En effet, ce type de tarification offre théoriquement l'avantage de promouvoir l'équité: les ménages les plus démunis consomment en moyenne moins d'eau que les ménages les plus favorisés (ayant généralement moins d'appareils électroménagers, moins de jardins à arroser, etc.), ce qui les place dans la tranche inférieure du tarif. Dans ce dernier, les prix de l'eau sont assez bas et subventionnés par l'État, ce qui permet même aux ménages les moins favorisés

d'avoir accès à suffisamment d'eau potable pour subvenir à leurs besoins élémentaires. Néanmoins, Whittington (1992) remet en question l'usage de ce type de tarification dans le cadre des PED, et démontre qu'il peut en réalité avoir, dans certains cas et en particulier l'absence de compteurs, des effets pervers considérables: bien loin d'œuvrer en faveur de l'équité, l'adoption de ce type de mesure peut avoir l'effet inverse de celui désiré, comme nous le verrons plus loin. Là encore, cela illustre un aspect important à prendre en compte dans l'élaboration d'une nouvelle tarification adaptée aux réalités du terrain et au manque d'infrastructures: comment faire en sorte que la tarification contribue à étendre l'accès à l'eau aux plus démunis? Comme nous pourrons le constater, l'alternative avancée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul (2014), que nous décrirons par la suite, cherche à intégrer ces préoccupations.

En effet, comme à Port-au-Prince, de nombreux ménages dans les métropoles du Sud ne disposent pas de compteurs individuels. Lorsqu'ils existent, ceux-ci sont souvent partagés par l'ensemble des habitants d'un même immeuble, et les familles ne disposant d'aucune connexion au réseau ont recours à l'achat auprès de revendeurs informels. À travers une étude empirique menée à Kumasi, l'une des villes principales du Ghana, Whittington observe que la densité de population est plus élevée dans les quartiers les plus pauvres, et que c'est précisément dans ces quartiers que la majorité des compteurs sont communautaires. Comme l'illustre le *tableau 1*, l'auteur démontre que le nombre de ménages par immeuble a un impact fortement significatif sur le coût de l'eau pour ces ménages. Or, conformément à l'intuition, les ménages les plus favorisés habitent généralement les immeubles ayant une densité de population plus faible (*tableau 2*). Par conséquent, ce sont en réalité les ménages les plus riches que la tarification TBP favorise, les ménages consommant en groupe ne bénéficiant pas des prix subventionnés. Plus grave encore, ce sont les familles les plus pauvres, celles qui ne disposent d'aucune connexion au réseau de distribution, qui paient le prix le plus élevé. En effet, celles-ci sont obligées de se fournir en eau auprès de leurs voisins, qui, souffrant généralement eux-mêmes de la situation évoquée ci-haut, répercutent alors à la hausse le prix de l'eau sur celle qu'ils vendent aux ménages sans connexion. Ainsi,

les ménages les plus démunis sont ceux qui, en moyenne, paient l'eau au tarif le plus élevé (tableau 3).

REGRESSION RESULTS			
Dependent Variable	Parameter Estimate	t-statistic	Significance Level
Intercept	.24	20.7	.0001
Number of households in building	.0006	6.6	.0001

NOTE.—The dependent variable is the average price of water paid by the household (mean = .31 cedis per gallon); F value = 43.9; N = 72; R^2 = .38; adjusted R^2 = .37.

Tableau 1: Régression du prix moyen d'accès à l'eau sur le nombre de ménages par immeuble.
Source: Whittington, Dale. *Possible adverse effects of increasing block water tariffs in developing countries. Economic Development and Cultural Change (1992), p. 81 table 3.*

NUMBER OF HOUSEHOLDS IN A BUILDING VERSUS HOUSEHOLD SOCIOECONOMIC STATUS			
Group and Number of Households in the Building or Compound	Average Number of Assets Owned by Household	Average Number of Electric Points	Average Household Weekly Expenditures (Cedis)*
A. 1-4	3.29 (76)	3.33 (49)	7,452 (73)
B. 5-8	2.54 (111)	3.10 (102)	5,985 (106)
C. 9-12	2.10 (137)	2.18 (126)	5,216 (134)
D. 13-16	2.27 (77)	2.35 (72)	4,813 (77)
E. 17-20	2.45 (64)	2.40 (63)	5,360 (63)
F. >20	2.28 (74)	2.51 (70)	5,392 (73)

NOTE.—Numbers in parentheses are the number of household observations.
* In 1989 US\$1 = 350 cedis.

Tableau 2: Nombre de ménages par immeuble et indicateurs socioéconomiques.
Source: Whittington, Dale. *Possible adverse effects of increasing block water tariffs in developing countries. Economic Development and Cultural Change (1992), p. 81 table 4.*

**MONTHLY WATER BILLS AND SOCIOECONOMIC LEVEL FOR HOUSEHOLDS
WITH DIFFERENT WATER SOURCES**

	WITH A SHARED METERED CONNECTION	WITHOUT A CONNECTION AND PAYING NEIGHBORS	
		By the Bucket	Flat Monthly Rate
Mean water bill (cedis/month)*	397 (452)	609 (167)	256 (178)
Household socioeco- nomic level:			
Mean number of assets owned by house- hold	2.29 (447)	1.56 (167)	1.84 (177)
Electric points	2.49 (415)	2.05 (150)	2.27 (142)
Weekly expenditures	5,700 (442)	4,400 (167)	5,000 (168)

NOTE.—Numbers in parentheses are the number of household observations for the cell.

* In 1989 US\$1 = 350 cedis.

Tableau 3: Tarifs mensuels et indicateurs socioéconomiques pour différentes sources d'accès à l'eau
Source: Whittington, Dale. *Possible adverse effects of increasing block water tariffs in developing countries. Economic Development and Cultural Change* (1992), p. 84 table 6.

Par ailleurs, on peut également mentionner une seconde approche inspirée des tarifications de type TBP, et notamment mise en place en Afrique du Sud (Vircoulon, 2003). En 2000, le gouvernement a décidé d'assurer la gratuité totale d'un certain volume d'eau (l'équivalent du "premier bloc"), 6 kl d'eau par mois et par foyer, considéré comme le volume minimum permettant d'assurer les besoins élémentaires de chacun (au-delà de ce seuil, la tarification rejoint un modèle TBP plus traditionnel). Si cette approche a effectivement le mérite de contribuer à la lutte contre les inégalités, elle ne résout pas pour autant le problème de l'accès à l'eau des plus pauvres. Parmi ces derniers, seuls 27,9% (soit 8,6 millions d'individus) bénéficiaient effectivement de la gratuité de l'eau en 2002, les autres n'étant pas raccordés au réseau de distribution. Par ailleurs, une telle démarche soulève inévitablement la question des coûts: il est loin d'être garanti que la péréquation liée au système TBP permettra de couvrir les coûts afférents à la gratuité. Ceci illustre également l'une des contraintes évoquées plus haut: dans le cadre d'Haïti, il est nécessaire que les revenus dégagés par l'opérateur soient suffisamment importants

pour permettre de rénover le réseau dans sa partie défectueuse, ce dont il sera tenu compte dans la modélisation.

Par conséquent, on peut observer que si la mise en place d'une tarification par blocs progressifs peut sembler particulièrement attrayante, en l'absence de compteur et étant donné le contexte d'Haïti, la mise en place d'une telle mesure pourrait en réalité avoir l'effet contraire de celui désiré, à savoir étendre l'accès à l'eau potable aux plus démunis. De plus, cette problématique soulève un défi majeur en matière de justice distributive, qui réside dans une augmentation nécessaire de la tarification de l'eau, sans pour autant que cette augmentation ne soit subie par les plus pauvres. La proposition de tarification que nous introduirons dans la prochaine section cherche à prendre en compte ces différents éléments, et offre les prémices d'une solution concrète. Néanmoins, il existe un obstacle substantiel à l'efficacité des réformes, qui se matérialise à travers les mécanismes de la corruption.

2.3. Réformer la tarification de l'eau en Haïti

a) Tarifier l'eau pour lutter contre les inégalités

Afin de rendre équitable l'accès à l'eau potable à Port-au-Prince, il semble primordial de concevoir une tarification qui, à terme, permettra à la qualité du service de s'uniformiser entre les différents quartiers. Dans cette optique, Billette de Villemeur, Leroux et Paul (2014) proposent une politique de tarification permettant d'inciter l'opérateur public à entretenir le réseau là où il est le plus défectueux, soit dans les quartiers défavorisés. Leur contribution repose sur un argument essentiel, celui de *tarifier l'eau en proportion du nombre de jours où les usagers ont effectivement accès à l'eau potable*. Comme on a pu le constater, la situation est fortement inégalitaire en l'état actuel, puisque les plus démunis sont contraints d'avoir recours aux revendeurs privés, dont les services sont particulièrement onéreux. Or, la tarification étant forfaitaire, l'opérateur n'a aucun incitatif à allouer ses ressources de façon optimale pour l'entretien du réseau. Puisque ses recettes ne dépendent pas de la qualité du service effectivement fourni, une coûteuse rénovation

des infrastructures ne génèrera aucun revenu supplémentaire. A l'opposé, la mise en place d'une tarification au prorata du nombre de jours où le service fonctionne effectivement inciterait l'opérateur à réhabiliter les parties les plus endommagées du réseau. Les ménages actuellement raccordés mais qui ne bénéficient en réalité du service que quelques jours par mois verraient la qualité du service — pour lequel ils paient d'ores et déjà — augmenter, et les ménages sans accès pourraient à terme voir leur quartier raccordé.

Une telle tarification, qui ne nécessiterait pas de coûteux investissements (notamment car elle ne repose pas sur la mise en place de compteurs) et pourrait être mise en application rapidement (la seule information requise concerne le fonctionnement effectif du réseau, celle-ci pouvant être acquise relativement aisément) pourrait ainsi servir de levier afin de lutter contre les inégalités, particulièrement marquées dans la métropole haïtienne. La mise en place de cette proposition devra s'accompagner d'une révision des tarifs à la hausse, qui permettra de maintenir un niveau de revenu nécessaire à la rénovation du réseau. Bien qu'identique pour tous, cette hausse ne sera pas supportée par les usagers les plus démunis (qui verront au contraire leur facture diminuer légèrement), mais par les habitants des quartiers plus favorisés, dans lesquels le service fonctionne en continu ou presque. De plus, cette mesure permettrait de s'assurer que les dépenses d'entretien du réseau soient bel et bien investies là où elles sont requises en priorité. En effet, si les revenus de l'opérateur dépendent de la qualité du service, il sera amené à investir là où les rénovations sont susceptibles d'occasionner le plus de résultats en termes d'amélioration du service, soit dans les quartiers défavorisés.

Néanmoins, comme le soulignent les auteurs, il est possible que le contexte institutionnel fragile auquel fait actuellement face Haïti nuise à l'efficacité des mesures adoptées. Il est en effet possible de voir éclater des conflits d'influence, certains individus étant en mesure d'exercer un ascendant sur l'opérateur public et ses employés afin d'assurer que les travaux d'entretien continuent d'être entrepris en priorité dans leurs quartiers. Un dernier aspect reste donc à envisager, celui de la

forte vulnérabilité du secteur de l'eau potable à la corruption, qui peut constituer un obstacle à l'efficacité des réformes nécessaires.

b) Corruption et contraintes du cadre institutionnel

Comme le souligne Ménard (2001), l'approvisionnement en eau potable représente un secteur unique, notamment en raison de deux particularités fondamentales. D'une part, il s'agit d'un secteur où les coûts fixes représentent une fraction extrêmement importante des coûts totaux, ce qui explique pourquoi il est traditionnellement resté entre les mains du secteur public. D'autre part, l'eau constitue un bien essentiel à la vie, et pour lequel il n'existe aucun substitut. Ces deux aspects lui confèrent une forte dimension politique, en particulier dans un contexte de pression démographique considérable comme c'est le cas à Port-au-Prince. La densité de population entraîne des économies d'échelle importantes pour l'opérateur, et celui-ci a donc tout intérêt à attendre que le nombre d'habitants augmente avant de desservir les nouveaux quartiers. Or, ceci est particulièrement vrai lorsque les quartiers en question sont des zones défavorisées ou des bidonvilles, pour lesquelles les pressions politiques susceptibles d'inciter l'opérateur à agir sont typiquement moins importantes. Ces différents éléments, propre au secteur de l'accès à l'eau potable, sont également souvent accentués par la présence de trafics d'influence et de grande corruption, pouvant contraindre l'opérateur à allouer ses financements de façon contraire à ce que dicterait l'efficacité.

Le secteur de l'eau est ainsi fortement vulnérable aux influences politiques et à la corruption, et il semble important de prendre en compte certains facteurs institutionnels dans la conception d'une politique de tarification appropriée. Si le choix de la structure tarifaire peut s'avérer crucial, en ce qu'il détermine tant les incitatifs des consommateurs que ceux de l'opérateur, il est également important de comprendre l'influence que peut exercer la présence de la corruption sur l'accès à l'eau potable afin d'élaborer des réformes qui lui soient résilientes. En effet, d'après Sohail et Cavill (2008), les possibilités pour les plus démunis d'être raccordés au

réseau formel de distribution d'eau sont extrêmement limitées, à la fois pour des raisons légales et financières. L'une des conséquences majeures de cet état de fait est la vulnérabilité accrue des ménages les plus défavorisés face à la corruption. Davis (2004) démontre, à l'aide d'une étude réalisée directement auprès des populations en Inde et au Pakistan, à quel point la corruption est généralisée dans le secteur de l'eau potable dans les pays du Sud. Les résultats de l'auteur sont saisissants: 30% des individus interrogés admettent verser des pots-de-vin pour accélérer les travaux d'accès à l'eau, tandis que 41% avouent des pratiques similaires pour falsifier les compteurs d'eau en vue de réduire leur facture. Dans de nombreux cas, les ménages sont également forcés de payer des pots-de-vin pour la maintenance du service, voire pour ne pas être simplement déconnectés. En plus de cette corruption administrative, on assiste à Port-au-Prince à l'émergence d'une véritable concurrence entre les usagers: bien souvent, seuls les ménages les mieux nantis, et donc en mesure de payer des pots-de-vin aux employés de l'opérateur pour que ceux-ci les desservent, bénéficient de l'accès à l'eau, tandis que les plus pauvres doivent s'en passer. (Collignon, via Sohail et Cavill, 2008). Ce type de corruption contribue fortement à l'accroissement des inégalités à Port-au-Prince, et nous tâcherons d'en tenir compte plus formellement dans le cadre de la modélisation théorique.

Enfin, Anbarci, Escaleras et Register (2009) démontrent que la corruption du secteur public réduit de façon statistiquement significative la proportion de la population ayant accès à l'eau potable. À l'aide de données transversales sur 85 pays évalués en plusieurs périodes entre 1990 et 2004, les auteurs utilisent un modèle logit pour établir qu'une amélioration unitaire du niveau de corruption occasionne une augmentation de 1% de la proportion de la population ayant accès à l'eau. Si ces résultats peuvent sembler marginaux, ils ont pourtant une portée réelle: à l'échelle d'Haïti, une telle amélioration permettrait à 74 000 personnes supplémentaires d'avoir accès à l'eau. Ainsi, la corruption peut avoir un impact considérable sur l'accès à l'eau potable, ce qui justifie d'en tenir compte dans la conception de notre modèle théorique, présenté par la suite.

3. Modélisation théorique

Dans cette section, nous élaborons un modèle théorique prenant en compte l'incidence de la corruption sur la politique de tarification proposée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul (2014) pour l'accès à l'eau potable en Haïti. Le fait de modéliser les mécanismes de la corruption de façon explicite nous permettra d'obtenir un aperçu des incitatifs qu'elle occasionne. Nous espérons ainsi obtenir de nouvelles perspectives quant à la conception de réformes en mesure de résister aux barrières inhérentes à un contexte institutionnel fragile et de compenser les effets de la corruption. Le cadre conceptuel sur lequel repose notre modèle est celui développé par Billette de Villemeur, Leroux et Paul, démontrant les avantages de tarifier l'eau au prorata des jours de fonctionnement effectif du service. Après avoir présenté ce cadre théorique, nous complexifierons le modèle afin de prendre en compte la présence de la corruption, ce qui constituera de façon plus spécifique la contribution de cette étude.

3.1. Cadre conceptuel: l'introduction d'une nouvelle politique de tarification

On considère la mise en place d'une tarification basée sur la qualité effective du service d'adduction d'eau potable dans la ville de Port-au-Prince. À cette fin, et dans un souci de simplification, on suppose que la métropole est constituée de deux zones distinctes, une zone pauvre, que nous noterons P , et une zone riche, que nous noterons R . Il sera également nécessaire de prendre en compte les populations respectives de ces deux zones, que nous noterons N pour la zone pauvre, et n pour la zone riche. Par hypothèse, la population de la zone P est très largement supérieure à celle de la zone R , d'où:

$$N \gg n.$$

Soit p la probabilité de fonctionnement du service pour un jour donné dans la zone P , et r cette même probabilité pour la zone R . Là encore, on suppose que les infrastructures d'accès à l'eau potable ont une probabilité de fonctionnement supérieure dans la zone riche, ce qui se traduit par l'inégalité suivante:

$$r > p.$$

On introduit également le paramètre v qui mesure la valeur attribuée par les agents aux services de distribution d'eau (identique pour tous les usagers), et le paramètre t , soit le tarif forfaitaire du service d'approvisionnement en eau potable, antérieur à la mise en place d'une nouvelle tarification. Par définition, du fait que les usagers continuent actuellement de payer pour le service, on sait que:

$$pv \geq t \quad \text{et} \quad rv \geq t.$$

De plus, si la nouvelle tarification proposée est mise en place, il sera nécessaire de déterminer un nouveau tarif journalier en cas de bon fonctionnement du service, que l'on notera τ , et les habitants des zones P et R seront alors amenés à payer en moyenne $t_p = \tau p$ et $t_r = \tau r$.

Soit $V_P = pv - t$ et $V_R = rv - t$ les valeurs nettes des services d'eau lorsque la tarification est forfaitaire, pour les habitants des zones P et R respectivement. Dans un premier temps, on s'attache à démontrer qu'à l'inverse de la tarification actuelle, l'introduction d'une tarification basée sur le fonctionnement effectif du service ne contribuerait plus au renforcement des inégalités. Afin de mesurer les inégalités associées à la tarification de l'eau, on s'intéresse à l'écart entre la valeur nette liée à ce service dans les différents quartiers. Ainsi, on introduit:

$$I_R = \frac{V_R - V_P}{V_R}, \quad (1)$$

un indice d'inégalité, qui devient nul si tous les habitants bénéficient d'un accès à l'eau de même qualité, et $I_R = 1$ lorsque seuls les habitants de la zone R bénéficient du service.

D'une part, avec la tarification actuelle, on a:

$$I_R(t) = 1 - \frac{pv - t}{rv - t} = \frac{r - p}{r - t/v}.$$

Et on constate donc que l'indice $I_R(t)$ est croissant en t , ce qui implique qu'en l'état actuel, la tarification des services renforce les inégalités entre les deux zones. D'autre part, suite à l'implémentation de la nouvelle politique de tarification, ce même indice d'inégalité devient:

$$I_R(\tau) = 1 - \frac{p}{r}.$$

Cette fois, on observe que le tarif n'intervient plus comme facteur d'inégalités, et la mise en place d'une nouvelle tarification de l'eau serait donc bel et bien souhaitable du point de vue de la justice distributive. Néanmoins, afin que l'opérateur puisse accepter la nouvelle politique de tarification et soit en mesure d'assurer les travaux d'entretien des zones endommagées du réseau, il nous faut introduire la contrainte suivante: les revenus de l'opérateur ne doivent pas être revus à la baisse avec l'introduction de la nouvelle tarification.

En moyenne, la probabilité qu'un agent ait accès à l'eau potable, sans spécification géographique, s'écrit:

$$\phi = \frac{N}{N+n}p + \frac{n}{N+n}r.$$

Ainsi, lorsque les services ne sont facturés qu'en cas de bon fonctionnement, les recettes de l'opérateur s'élèvent à $\phi\tau$ par ménage. La contrainte de maintien du niveau de revenu de l'opérateur peut donc s'écrire:

$$\tau = \frac{t}{\phi} = \frac{N+n}{Np+nr}t.$$

Or, comme p et r sont inférieurs à 1, il en est de même pour ϕ , et on aura obligatoirement $\tau > t$, soit une augmentation du tarif. De façon plus spécifique, on aura $\tau r > t$ et $\tau p < t$. En effet, la population de la zone P étant très largement

supérieure à celle de la zone R , ϕ sera initialement très proche de p , la probabilité de fonctionnement dans la zone pauvre. Si les services ne fonctionnent qu'une très faible partie du temps, les tarifs devront s'accroître en conséquence. Or, cette augmentation ne sera pas supportée de la même manière par les populations des deux zones. Si les habitants de la zone P verront leur facture très légèrement diminuer ($p < \phi$, même si la différence est minime, donc $p\tau$ sera très légèrement inférieur à t), les habitants de la zone R , quant à eux, subiront une augmentation substantielle:

$$r\tau = \frac{r}{\phi}t \cong \frac{r}{p}t > t.$$

Cette augmentation, qui reflète simplement la qualité du service, est toutefois nécessaire pour que la tarification soit équitable et engendre, à terme, un accès à l'eau potable socialement juste. En effet, comme on l'a vu précédemment, les revenus de l'opérateur doivent être suffisamment élevés pour lui permettre d'assurer les travaux de rénovation du réseau dans les zones où il est défectueux.

De plus, l'un des avantages principaux de la nouvelle tarification sera d'offrir à l'opérateur un incitatif à allouer ses ressources de manière optimale. Ainsi, on émet l'hypothèse suivante:

$$p = F\left(\frac{H_P + D_P}{N}\right) \quad \text{et} \quad r = F\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right),$$

où $F(x)$ est une fonction croissante et concave du niveau de dépenses d'entretien et d'investissement D_i , et où H_i correspond au niveau historique des dépenses dans le quartier i (avec $i = P, R$). On suppose donc que la qualité du service s'améliore à mesure que des dépenses sont investies à l'entretien du réseau et sa rénovation. Cependant, plus la qualité augmente, et plus les dépenses doivent être importantes pour une même amélioration, ce qui justifie la concavité de la fonction. Étant donné que dans cette configuration, les revenus de l'opérateur dépendent de la probabilité de fonctionnement du service, et en supposant qu'il soit dans son intérêt de maximiser ses recettes (que ce soit dans une optique de maximisation du bien-être

social ou de maximisation des profits), il aura fortement intérêt à investir ses dépenses là où elles seront le plus efficace en termes d'amélioration de la qualité du service, soit là où le fonctionnement de ce dernier est couramment le plus aléatoire (ce qui correspond également aux quartiers les plus peuplés). Tant que la qualité du service ne sera pas uniforme à travers les deux zones, l'opérateur investira donc la totalité de ses dépenses dans la zone P , où le service est le plus déficient. Une fois cette égalité atteinte, il devra alors répartir ses investissements uniformément entre les quartiers, de façon à garantir des recettes maximales.

3.2. Extension du modèle: spécification d'une représentation de la corruption

Cette première partie du modèle, développée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul (2014), nous offre un cadre théorique qui servira de socle à l'analyse de la corruption dans l'accès à l'eau potable en Haïti. La prochaine étape consiste donc en l'élaboration d'un mécanisme formel permettant d'introduire la présence de la corruption dans le modèle, ce qui nous permettra par la suite d'en comprendre les effets à travers une analyse de statique comparative.

On a vu que les probabilités de fonctionnement du réseau d'approvisionnement en eau potable dans les zones P et R peuvent s'écrire respectivement:

$$F\left(\frac{H_P + D_P}{N}\right)$$

et

$$F\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right),$$

H_i étant prédéterminé, tandis que D_i est une variable endogène ($i = P, R$). En d'autres termes, la probabilité de fonctionnement du réseau dans chacune des deux zones dépend positivement de l'investissement, historique et à venir, et négativement de la population.

Dans ce cadre, les recettes totales de l'opérateur s'écrivent:

$$\rho = \tau \left[nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D_P}{N} \right) \right].$$

Tarif journalier
Probabilité de fonctionnement (zone R)
Probabilité de fonctionnement (zone P)

Recettes
Population (zone R)
Population (zone P)

Où D est le montant total dédié aux dépenses d'investissement dans l'ensemble du réseau, tel que $D = D_P + D_R$. Les recettes de l'opérateur, basées sur le fonctionnement effectif du service, vont donc logiquement dépendre du tarif journalier et de la probabilité de fonctionnement dans chacune des deux zones, pondérée par la population de la zone correspondante.

Dans un premier temps, on suppose que H_R et H_P sont tels que:

$$F' \left(\frac{H_R}{n} \right) < F' \left(\frac{H_P + D}{N} \right)$$

Ce qui constitue une contrainte d'efficacité, au sens où elle indique que la totalité des dépenses D devrait être allouée au quartier pauvre pour des raisons d'efficacité de l'investissement (et donc $D_P = D$ et $D_R = 0$). En d'autres termes, même lorsque la totalité des dépenses de l'opérateur est allouée à la rénovation et à l'entretien du réseau de la zone P , la probabilité de fonctionnement dans ce dernier demeure inférieure à celle observée dans le quartier riche. De plus, étant donnée cette condition d'efficacité et les contraintes de capacité et de faiblesse institutionnelle inhérentes à la situation actuelle de l'accès à l'eau potable à Port-au-Prince, on émet l'hypothèse que le montant d'investissement actuellement disponible

n'est pas suffisamment pour ramener la qualité du service à l'état optimal, défini par une probabilité de fonctionnement égale à 1.²

Par ailleurs, on suppose que les employés ont un intéressement dans les activités de l'opérateur. Plus précisément, ils reçoivent un pourcentage σ des recettes totales, sous la forme d'une commission $\sigma\rho$. Dans cette configuration, la commission versée aux employés implique que ceux-ci n'ont pas intérêt à travailler dans la zone R .

Toutefois, les habitants du quartier riche peuvent soudoyer les employés de l'opérateur en leur offrant un montant B (pot-de-vin), dont une partie γB sera directement récupérée par les employés. Le reste, $(1 - \gamma)B$, pourra donc être réalloué par l'opérateur à des travaux. Cette représentation — outre le fait qu'elle reflète bien le problème de la concurrence pour l'accès à l'eau à Port-au-Prince — offre l'avantage de tenir compte des différents niveaux d'expression de la corruption. En effet, celle-ci peut se manifester à plusieurs échelles, depuis la corruption administrative (les habitants du quartier riche offrent directement une compensation monétaire aux employés, ce qui les incite à travailler dans leur quartier), jusqu'à la grande corruption et le trafic d'influence (des individus ou groupes d'influence offrent des montants considérables à l'opérateur pour s'assurer que celui-ci intervienne dans leur quartier, ce qui justifie qu'une partie du pot-de-vin puisse être réallouée).

Ainsi, conceptuellement, B constitue une variable représentant la corruption dans les services d'adduction en eau potable, et peut être considérée comme un montant versé collectivement par les habitants du quartier R afin d'assurer qu'un montant D_R soit investi dans leur quartier. On peut donc à présent écrire:

$$D_P = D + (1 - \gamma)B - D_R,$$

ce qui reflète le problème d'allocation des investissements auquel fait face l'opérateur. Pour maximiser ses recettes, il a intérêt à investir un maximum de ses

² La nécessité d'imposer cette contrainte est démontrée plus formellement en annexe 2.

dépenses (D) dans la zone P . Néanmoins, les contraintes du cadre institutionnel le poussent à investir un montant D_R dans la zone R , ce qui est partiellement compensé par le montant $(1 - \gamma)B$ qu'il obtient en contrepartie, et qu'il réinvestit automatiquement dans l'entretien et la rénovation du réseau de la zone P .

Par ailleurs, on suppose que les habitants du quartier R ont tout le pouvoir de négociation, et le montant B est donc fixé de façon à ce que les employés de l'opérateur soient tout juste prêts à accepter le pot-de-vin. Par conséquent, on a :

$$\gamma B = \sigma \rho(D, 0) - \sigma \rho(D_P, D_R),$$

où $\rho(D, 0)$ et $\rho(D_P, D_R)$ représentent respectivement les recettes de l'opérateur lorsque la totalité des dépenses est allouée à la zone P , et lorsque l'opérateur attribue un montant D_P à la zone P et un montant D_R à la zone R .

Lorsqu'ils acceptent le pot-de-vin, les employés de l'opérateur reçoivent donc le montant γB . Néanmoins, lorsque le pot-de-vin est accepté, l'opérateur investit une portion moindre de ses revenus dans la zone P (puisque le montant B n'est versé qu'en contrepartie d'un investissement D_R dans le quartier riche), ce qui se traduit par une perte d'efficacité, des recettes moins élevées, et donc une commission aux employés légèrement inférieure. B étant fixé de façon à ce qu'il soit tout juste financièrement intéressant pour les employés d'accepter le pot-de-vin, γB correspondra au montant minimum que les employés seront prêts à recevoir pour accepter de renoncer à la commission supplémentaire qu'ils auraient reçu en travaillant uniquement dans la zone P . Implicitement, ceci définit D_R comme une fonction de B et des données du modèle ($D, \gamma, \sigma, \nu, \tau, H_R, H_P, n, N$, et F).

Alternativement, on peut exprimer :

$$\gamma B = \sigma(\rho_1 - \rho_2),$$

où

$$\rho_1 = \tau \left[nF \left(\frac{H_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D}{N} \right) \right],$$

et

$$\rho_2 = \tau \left[nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D + (1 - \gamma)B - D_R}{N} \right) \right].$$

Ainsi, ρ_1 correspond aux recettes de l'opérateur sans le pot-de-vin (lorsque la totalité de l'investissement est dirigée vers la zone P), et ρ_2 aux recettes de l'opérateur altérées par le pot-de-vin.

De façon générale, et dans un souci de simplicité, on supposera que $\gamma = 1$, ce qui implique que la totalité du pot-de-vin est captée par les employés de l'opérateur, sans qu'aucune fraction de ce montant ne soit réinvestie dans le réseau. Il serait néanmoins intéressant, au-delà de cette étude, de revenir sur cette hypothèse afin de considérer ce qu'un $\gamma \neq 1$ implique quant aux résultats du modèle. Pour le moment, on peut cependant ré-exprimer:

$$D_P = D - D_R$$

et

$$B = \sigma[\rho_1 - \rho_2].$$

Le montant investi dans la zone P correspond donc simplement à la différence entre les dépenses totales de l'opérateur et le montant qu'il est contraint d'investir dans le quartier R , tandis que le montant minimum du pot-de-vin que les employés sont prêts à recevoir ne dépend plus que de D_R , σ et D .

Cette représentation de la corruption nous permettra ensuite d'évaluer l'impact que celle-ci peut avoir dans la décision de l'opérateur lorsqu'il fixe l'intéressement optimal, et il devra tenir compte du montant d'investissement détourné par les habitants de la zone R dans son problème de maximisation. Dans la prochaine section, on s'intéresse aux premières étapes de la résolution du modèle, ainsi qu'on hypothèses qu'il nous sera nécessaire d'effectuer avant de poursuivre la résolution et d'entreprendre l'analyse de ce que cette représentation peut nous apprendre sur le comportement des agents et les décisions auxquelles ils font face.

4. Prémices de la résolution du modèle

4.1. Jeu séquentiel

À présent que nous avons élaboré un mécanisme permettant de représenter la corruption dans notre modèle théorique, nous pouvons nous intéresser à ce qu'elle implique. À cette fin, on considère un jeu séquentiel décrivant l'interaction de deux agents. Dans un premier temps, l'opérateur (le premier joueur), détermine le pourcentage d'intéressement des employés (σ) en anticipant quelle sera la réaction des habitants de la zone R (le second joueur). Par la suite, ceux-ci observent la stratégie adoptée par la firme, puis maximisent leur bien-être en décidant collectivement du niveau d'investissement D_R qu'ils désirent voir investir dans leur quartier en échange du pot-de-vin B .

Afin de résoudre ce problème séquentiel, on procède par induction à rebours, et on commence donc par s'intéresser au problème des habitants de la zone R , qui cherchent à maximiser leur bien-être après avoir observé σ . Ainsi, le problème s'écrit:

$$\max_{D_R} W_R = nV_R - B,$$

ou encore:

$$\max_{D_R} W_R = (v - \tau)nF\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) - B$$

$$\text{s.t. } B \geq \sigma(\rho_1 - \rho_2),$$

où W_R correspond au bien-être collectif des habitants de la zone R , qui dépend de leur valorisation nette du service d'approvisionnement en eau potable (ce qui prend en compte la probabilité de fonctionnement), de la population du quartier, et du montant B qu'ils doivent verser pour obtenir l'investissement du montant D_R dans leur quartier. La contrainte stipule, en toute logique, que le pot-de-vin versé doit être

au moins égal au montant minimum que les employés de l'opérateur seraient prêts à accepter (étant donné que l'on suppose que $\gamma = 1$).

Le problème peut être résolu en substituant la contrainte dans la fonction-objectif:

$$\begin{aligned} \max_{D_R} W_R &= (v - \tau)nF\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) - \sigma(\rho_1 - \rho_2) \\ \rightarrow \max_{D_R} W_R &= (v - \tau)nF\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) \\ &\quad - \sigma\tau \left[nF\left(\frac{H_R}{n}\right) + NF\left(\frac{H_P + D}{N}\right) - nF\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) \right. \\ &\quad \left. - NF\left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right) \right], \end{aligned}$$

et la condition de premier ordre s'écrit,

$$\frac{\partial W_R}{\partial D_R} = 0$$

$$\rightarrow (v - \tau) \frac{\partial F\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right)}{\partial D_R} + \sigma\tau \left[\frac{\partial F\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right)}{\partial D_R} - \frac{\partial F\left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right)}{\partial D_R} \right] = 0. \quad (2)$$



Hausse marginale
de satisfaction liée
à une augmentation
des investissements
dans le quartier R
(> 0)



Perte d'utilité liée au
versement du pot de
vin (< 0)

En d'autres termes, les habitants du quartier R choisissent D_R de sorte que, à la marge, leur accroissement de satisfaction soit tout juste égal à la hausse du pot-de-vin correspondante.

On peut à présent se tourner vers le problème de l'opérateur. Par la suite, on fera l'hypothèse d'une forme fonctionnelle pour F , ce qui permettra d'exprimer D_R uniquement en fonction des paramètres et de la variable de décision de l'opérateur.

De son côté, la firme cherche à maximiser ses recettes uniquement en vue de dégager un montant à réinvestir destiné à améliorer la qualité du service offert aux usagers. Ainsi, l'opérateur est contraint de par son rôle à réinvestir la totalité de ses recettes à l'amélioration du service public d'eau potable, et son objectif est donc d'assurer un bien-être maximal pour l'ensemble de la population. Bien que l'objectif de cette étude ne soit pas de réaliser une analyse exhaustive du bien-être dans le cadre spécifique de l'accès à l'eau potable à Port-au-Prince, mais plutôt de modéliser, afin de mieux comprendre ses implications, l'impact d'une nouvelle politique de tarification sur la corruption (ce qui, de façon plus concrète, implique qu'on s'intéressera davantage à l'action des éléments du modèle sur la stratégie du second joueur), l'hypothèse de maximisation du bien-être social semble la plus pertinente, en ce qu'elle reflète au mieux les contraintes qui régissent la décision du second joueur.

Par conséquent, l'opérateur public maximise la fonction de bien-être social suivante:

$$\begin{aligned}
 W = & \left[(v - \tau)nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) - B \right] + (v - \tau)NF \left(\frac{H_P + D_P}{N} \right) & \left. \vphantom{W} \right\} \text{ Surplus des} \\
 & & \text{habitants de R} \\
 & & \text{et P} \\
 & + [(1 - \sigma)\rho - D] + [\sigma\rho + \gamma B]. & \left. \vphantom{W} \right\} \text{ Profit de} \\
 & & \text{l'opérateur et} \\
 & & \text{salaire des} \\
 & & \text{employés}
 \end{aligned}$$

La fonction de bien-être social correspond donc simplement à la somme des surplus des habitants des deux zones, des profits de la firme et du revenu des employés.

Avec $\gamma = 1$, ceci se simplifie de la façon suivante:

$$W = \left[(v - \tau)nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) - B \right] + (v - \tau)NF \left(\frac{H_P + D_P}{N} \right) + \rho - D + B.$$

Or, on sait que:

$$\begin{aligned} \rho &= \tau \left[nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D + (1 - \gamma)B - D_R}{N} \right) \right] \\ &\rightarrow \rho = \tau \left[nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D - D_R}{N} \right) \right], \end{aligned}$$

et par conséquent,

$$\begin{aligned} W &= \left[(v - \tau)nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) - B \right] + (v - \tau)NF \left(\frac{H_P + D_P}{N} \right) \\ &\quad + \tau \left[nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D - D_R}{N} \right) \right] - D + B. \end{aligned}$$

Enfin,

$$\rightarrow W = v \left[nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D - D_R}{N} \right) \right] - D.$$



Valeur du service aux
yeux de la population

Ainsi, sous forme simplifiée, la fonction de bien-être social correspond à la somme des valorisations du service par les habitants de chacune des deux zones, moins les dépenses de l'opérateur allouées à l'entretien du réseau dans l'ensemble de la ville. Le problème d'optimisation s'écrit donc:

$$\max_{\sigma} W = v \left[nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D - D_R}{N} \right) \right] - D$$

$$\text{s.c. } \Pi \geq 0,$$

où Π correspond à la fonction de profit de l'opérateur public, c'est-à-dire la différence entre la fraction de ses recettes qu'il conserve après versement de l'intéressement des employés et ses dépenses d'entretien et d'investissement. On exprime donc:

$$\begin{aligned}\Pi &= (1 - \sigma)\rho - D \\ \rightarrow \Pi &= (1 - \sigma)\tau \left[nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D - D_R}{N} \right) \right] - D.\end{aligned}$$

L'opérateur maximise donc le bien-être social sous la contrainte que ses profits sont positifs ou nuls, et on écrit alors:

$$\begin{aligned}\max_{\sigma} W &= v \left[nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D - D_R}{N} \right) \right] - D \quad (3) \\ \text{s. t. } \frac{D}{(1 - \sigma)\tau} &\leq \left[nF \left(\frac{H_R + D_R}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D - D_R}{N} \right) \right],\end{aligned}$$

ce qui peut être résolu en substituant la contrainte dans la fonction-objectif, soit:

$$\max_{\sigma} W = \frac{vD}{(1 - \sigma)\tau} - D = \frac{D[v - (1 - \sigma)\tau]}{(1 - \sigma)\tau},$$

où, sans qu'il soit nécessaire de l'exprimer plus formellement³, D est directement déterminé par la fonction de réponse optimale du second joueur, dépend de l'intéressement des employés, et demeure limité par les contraintes de capacité et d'environnement institutionnel discutées précédemment. En effet, dans un contexte où l'investissement disponible ne l'est qu'en quantité limitée (autrement, il suffirait à l'opérateur d'investir jusqu'à saturation sans se soucier des fonds détournés), D est contraint à la fois par les paramètres du modèle et les variables de décision des deux joueurs.

De plus, avant de poursuivre la résolution du problème, il est au préalable nécessaire de faire l'hypothèse d'une spécification pour F . Ceci nous permettra

³ L'annexe 3 présente néanmoins une caractérisation de D destinée à pousser plus loin l'analyse du bien-être social.

d'obtenir la fonction de réponse optimale des habitants de R , avant de pouvoir procéder à l'analyse de statique comparative.

4.2. Spécification d'une forme fonctionnelle

Dans les sections précédentes, on a émis l'hypothèse que les probabilités de fonctionnement du réseau d'adduction d'eau potable dans chacune des deux zones peuvent s'exprimer sous la forme d'une fonction croissante et concave, $F(x)$. Étant donnée la nécessité d'explicitier la fonction de réponse optimale des habitants de R dans le but de poursuivre la résolution du problème séquentiel ébauché précédemment, on fait à présent l'hypothèse d'une forme fonctionnelle pour F .

Ainsi, on avait:

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{array}{c} \text{Niveau} \\ \text{historique} \\ \text{d'investissement} \\ \text{dans P} \end{array} & \begin{array}{c} \text{Niveau de} \\ \text{dépenses} \\ \text{dans P} \end{array} & \begin{array}{c} \text{Niveau} \\ \text{historique} \\ \text{d'investissement} \\ \text{dans R} \end{array} & \begin{array}{c} \text{Niveau de} \\ \text{dépenses} \\ \text{dans R} \end{array} \\
 \begin{array}{c} \updownarrow \quad \updownarrow \\ \updownarrow \quad \updownarrow \end{array} & & \begin{array}{c} \updownarrow \quad \updownarrow \\ \updownarrow \quad \updownarrow \end{array} & \\
 p = F\left(\frac{H_P + D_P}{N}\right) & \text{et} & r = F\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) & \\
 \begin{array}{c} \updownarrow \\ \updownarrow \end{array} & & \begin{array}{c} \updownarrow \\ \updownarrow \end{array} & \\
 \text{Population} & & \text{Population} & \\
 \text{de la zone P} & & \text{de la zone R} &
 \end{array}$$

Et on considère à présent une fonction quadratique définie sur $[0; \bar{x}]$ telle que:

$$F(x) = \frac{2x}{\bar{x}} - \left(\frac{x}{\bar{x}}\right)^2 = \frac{x(2\bar{x} - x)}{\bar{x}^2},$$

où \bar{x} est tel que la fonction atteigne son maximum en $F(\bar{x}) = 1$.

Par conséquent, plus \bar{x} est élevé, et plus la situation actuelle est éloignée d'un fonctionnement fiable du service, ou plus le montant à investir pour amener à 1 la probabilité de fonctionnement du réseau sera élevé. Indirectement, \bar{x} détermine donc le degré de concavité de F , et peut également s'interpréter comme une mesure de la qualité de l'environnement institutionnel, ce qui justifie qu'on désignera par la suite, \bar{x} comme *l'indice de pauvreté institutionnelle*. Pour plus de clarté, à la définition des institutions exprimée en introduction⁴, on peut également adjoindre celle apportée par Acemoglu et Robinson (2005 et 2012) qui distinguent les institutions selon deux axes, les institutions politiques et économiques (les premières déterminant l'influence des citoyens sur ceux qui les gouvernent, et les secondes modelant les incitatifs économiques dans leur ensemble), et les institutions inclusives ou extractives (les premières garantissant les droits de chacun et l'accès aux ressources, tandis que les secondes sont conçues de façon à permettre à une élite de détenir et de conserver la majeure partie des richesses et du pouvoir politique).

Par ailleurs, la fonction F est telle que:

$$F'(x) = \frac{2(\bar{x} - x)}{\bar{x}^2} > 0,$$

et

$$F''(x) = -\frac{2}{\bar{x}^2} < 0.$$

La première inégalité implique que F est croissante (puisque par définition, $x \leq \bar{x}$), tandis que de la seconde découle la concavité de la fonction.

Cette forme fonctionnelle nous offre une représentation idoine de la probabilité de fonctionnement du réseau dans les quartiers de Port-au-Prince:

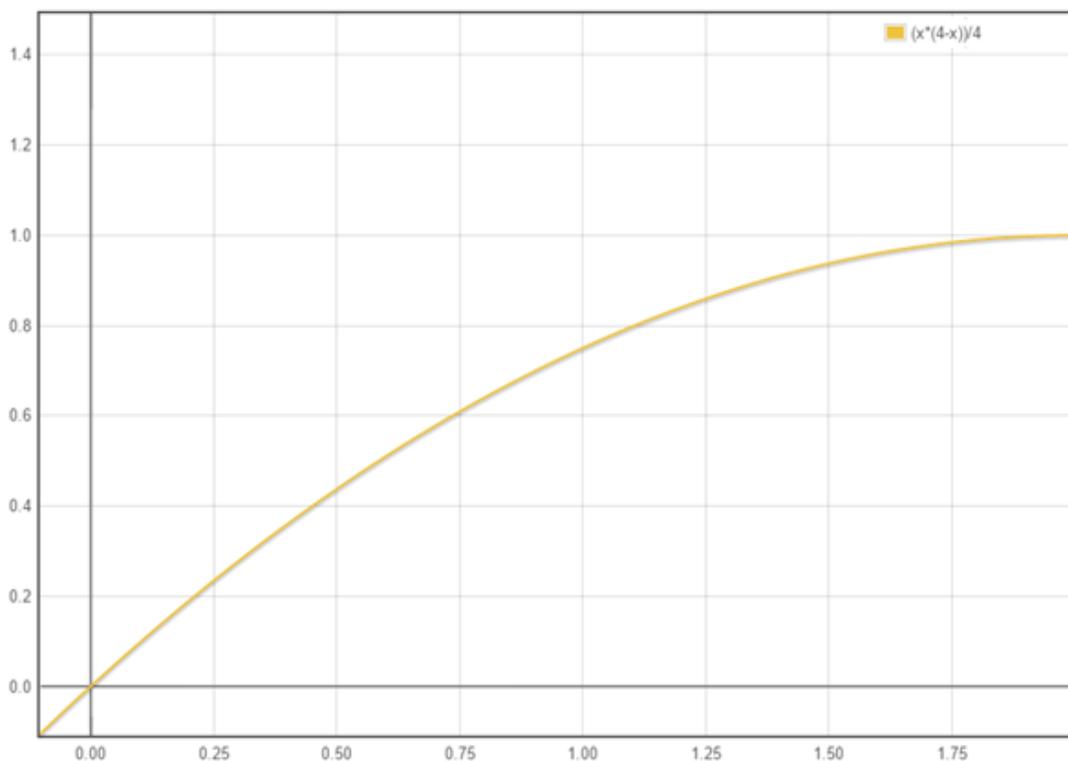
- La probabilité de fonctionnement augmente à mesure que des fonds sont investis à la rénovation du réseau (fonction croissante)

⁴ Extraite de North, 1989, et selon laquelle les institutions d'un pays constituent "l'ensemble de règles, la façon dont ces règles sont garanties, et les normes de comportement qui en découlent".

- Et les investissements en question pâtissent de rendements marginaux décroissants (concavité — ce qui, pour rappel, justifie la nécessité d'investir dans le quartier pauvre pour des raisons d'efficacité) et qui demeurent limités par les contraintes technologiques, mais surtout institutionnelles, propres à Port-au-Prince, contraintes que l'on modélise à l'aide de \bar{x} .

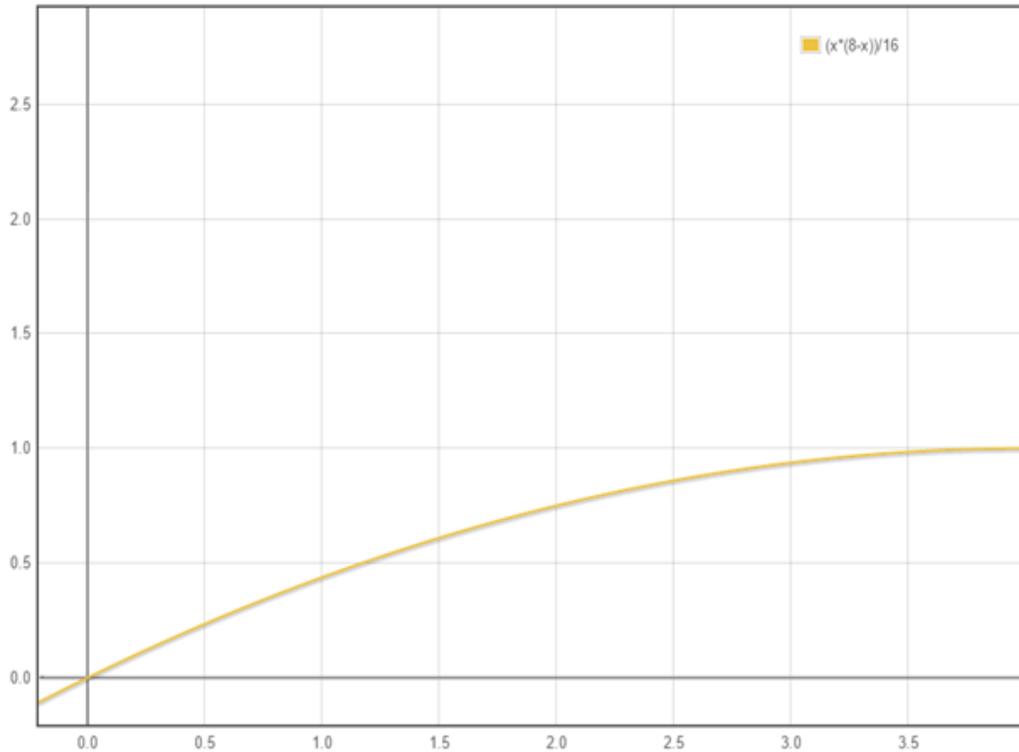
Pour plus de clarté, on considère deux exemples qui permettent d'observer que plus \bar{x} est faible, et plus la fiabilité du service augmente rapidement à mesure que des fonds sont investis.

Ainsi, lorsque $\bar{x} = 2$, F prend la forme:



Graphique 1: $F(x)$ avec $\bar{x} = 2$

De même, lorsque $\bar{x} = 4$, on obtient:



Graphique 2: $F(x)$ avec $\bar{x} = 4$

Malgré une perte de généralité, le fait d'avoir déterminé une forme fonctionnelle spécifique pour F nous permettra de développer davantage la résolution du jeu séquentiel de la firme et des habitants du quartier riche, ce qui sera fait dans la section suivante. Nous nous attacherons dans un premier temps à exprimer de façon explicite la fonction de réponse optimale des habitants de la zone R , afin de pouvoir analyser les interactions entre cette stratégie et les différents composants du modèle, pour enfin examiner la décision de l'opérateur quant au σ optimal.

5. Résolution et statique comparative

La forme de la fonction F étant définie, on peut à présent revenir au jeu séquentiel. Pour rappel, le premier joueur (l'opérateur public) détermine dans un premier temps la fraction de ses recettes qui sera perçue par ses employés (σ) dans le but de maximiser le bien-être social. Par la suite, le second joueur (les habitants du quartier R) observe la décision de la firme, et décide du montant qu'il souhaite voir investir dans la zone R (D_R) en contrepartie du pot-de-vin (B). On procède par induction à rebours, et on s'intéresse donc dans un premier temps au problème de maximisation du second joueur.

5.1. Problème des habitants de la zone R

a) Résolution

Après avoir substitué la nouvelle forme fonctionnelle dans le problème des habitants de la zone R , la condition de premier ordre — expression (2) — devient⁵:

$$\frac{\partial W_R}{\partial D_R} = 0$$
$$\rightarrow \frac{N(H_R + D_R)(v - \tau + \sigma\tau) - n(H_P + D - D_R)\sigma\tau}{Nn\bar{x}} = (v - \tau).$$

On obtient donc

$$D_R = \frac{Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau) + n(H_P + D)\sigma\tau}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau}, \quad (4)$$

et on a ainsi obtenu la fonction de réponse optimale des habitants de R face à la décision de l'opérateur.

⁵ Détail des calculs en annexe 1

On peut donc à présent se tourner vers les implications de notre jeu séquentiel en ce qui a trait à la corruption. Ceci constituera de façon plus concrète les résultats de notre étude, et nous procéderons en considérant tour à tour les effets marginaux des différents éléments du modèle sur le montant d'investissement détourné.

b) Analyse de statique comparative

Afin de mieux comprendre les implications de la stratégie adoptée par les habitants de R , on s'intéresse à la façon dont D_R varie en fonction des paramètres du modèle et de la variable de décision de l'opérateur: τ , \bar{x} , n , N , D et σ .

i) Variation du montant détourné par rapport au tarif journalier en cas de bon fonctionnement du service

Afin d'obtenir l'impact marginal d'une hausse du tarif journalier sur la propension du second joueur à soudoyer les employés de l'opérateur, on dérive la fonction de réponse optimale des habitants de la zone R — expression (4) — par rapport à τ :

$$\frac{\partial D_R}{\partial \tau} = \left[\frac{1}{[N(v-\tau)+(N+n)\sigma\tau]^2} \right] \{ [-Nn\bar{x} + NH_R(1-\sigma) + n(H_P + D)\sigma][N(v-\tau) + (N+n)\sigma\tau] - [Nn\bar{x}(v-\tau) - NH_R(v-\tau + \sigma\tau) + n(H_P + D)\sigma\tau][-N + (N+n)\sigma] \}.$$

En développant puis factorisant, on obtient:

$$\frac{\partial D_R}{\partial \tau} = \left\{ \frac{1}{[N(v-\tau)+(N+n)\sigma\tau]^2} \right\} \{ N^2 H_R [v - \tau - (v - \tau)\sigma - (v - \tau)((1 - \sigma))] + Nn(H_P + D)(v\sigma - \sigma\tau + \sigma\tau) - Nn(N + n)\bar{x}(\sigma\tau + v\sigma - \sigma\tau) + N(N + n)H_R(\sigma\tau - \sigma^2\tau + v\sigma - \sigma\tau + \sigma^2\tau) \}.$$

Et enfin,

$$\frac{\partial D_R}{\partial \tau} = \frac{Nnv\sigma[H_R + H_P + D - \bar{x}(N + n)]}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2}.$$

Le sens de la variation dépend du signe de la dérivée ainsi obtenue, et on observe que $\frac{\partial D_R}{\partial \tau}$ est positif si et seulement si:

$$\begin{aligned} H_R + H_P + D - \bar{x}(N + n) &> 0 \\ \rightarrow \frac{H_R + H_P + D}{\bar{x}} - (N + n) &> 0. \end{aligned}$$

En d'autres termes, l'impact du tarif journalier en cas de bon fonctionnement du service sur la tendance des agents à demander un investissement D_R plus élevé dans leur quartier (et donc à verser un pot-de-vin B en conséquence) dépend de l'importance relative de l'investissement total, historique et à venir, pondéré par l'indice de pauvreté institutionnelle (qui régit l'efficacité de l'investissement), par rapport à la taille de la population dans l'ensemble de la ville.

Dans le cas où la condition ci-dessus devient une égalité, l'opérateur n'est pas contraint par ses dépenses d'investissement, et peut alors dépenser suffisamment pour amener la qualité du service jusqu'au niveau où une augmentation du tarif n'a plus d'impact sur la tendance à corrompre. Néanmoins, l'investissement disponible étant contraint à la fois par l'environnement institutionnel et pour des raisons de capacité, les dépenses ne sont pas suffisantes pour amener la qualité du service à l'état optimal, ce qui, en considérant également l'amplitude de la taille de la population pauvre par rapport aux autres paramètres du modèle, implique que l'inégalité $H_R + H_P + D - \bar{x}(N + n) > 0$ n'est pas vérifiée.

Par conséquent, $\frac{\partial D_R}{\partial \tau} < 0$ et lorsque le tarif augmente, la valorisation nette des habitants de la zone R pour obtenir un investissement supplémentaire D_R dans leur quartier diminue, ce qui affaiblit leur incitatif à proposer un pot-de-vin aux employés de l'opérateur.

ii) *Variation du montant détourné par rapport à l'indice de pauvreté institutionnelle*

De même, on évalue l'impact marginal d'une hausse de l'indice de pauvreté institutionnelle sur la tendance des agents à soudoyer en dérivant la fonction de réponse optimale des habitants de R par rapport à \bar{x} :

$$\frac{\partial D_R}{\partial \bar{x}} = \frac{Nn(v - \tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} > 0,$$

et on observe que l'expression est toujours positive. Par conséquent, toute détérioration de la qualité institutionnelle engendre une hausse de la propension à corrompre. En effet, lorsque \bar{x} augmente, la qualité du service devient plus éloignée de l'état optimal (défini par une probabilité de fonctionnement du réseau égale à 1), puisque le montant à investir pour atteindre l'équilibre est alors plus élevé. L'investissement étant moins efficace, les agents ont tendance à vouloir obtenir un montant d'investissement supérieur, ce qui se traduit par une hausse de la propension à payer des habitants de R pour obtenir l'investissement D_R .

iii) *Variation du montant détourné par rapport à la taille de la population de la zone R*

Cette fois, on dérive D_R par rapport à n afin d'évaluer l'impact d'une hausse marginale de la population du quartier R sur la tendance à corrompre. On a:

$$\frac{\partial D_R}{\partial n} = \left[\frac{1}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2} \right] \{ [N\bar{x}(v - \tau) + (H_p + D)\sigma\tau][N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau] - [Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau) + n(H_p + D)\sigma\tau]\sigma\tau \}.$$

En développant puis en factorisant, on obtient:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial D_R}{\partial n} \\ &= \frac{N\bar{x}[(v - \tau) + (v - \tau)\sigma\tau] + N(H_p + D)[(v - \tau)\sigma\tau + (\sigma\tau)^2] + NH_R(v - \tau + \sigma\tau)\sigma\tau}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2}. \end{aligned}$$

Et enfin,

$$\frac{\partial D_R}{\partial n} = \frac{N(v - \tau + \sigma\tau)[(H_R + H_P + D)\sigma\tau + N\bar{x}(v - \tau)]}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2} > 0.$$

Là encore, on remarque que l'expression est toujours positive. Une croissance de la population aisée engendrera donc une augmentation du montant d'investissement que celle-ci souhaite voir investir dans le quartier R . En effet, la probabilité de fonctionnement du service est décroissante par rapport à n , et lorsque la population augmente la qualité du service devient d'autant plus conséquente pour le bien-être de la population. Celle-ci aura donc tendance à dépenser un montant B plus élevé pour obtenir l'investissement désiré dans son quartier.

iv) Variation du montant détourné par rapport à la taille de la population de la zone P

De même, la dérivée de D_R par rapport à N nous permet d'évaluer l'impact d'une hausse marginale de la population du quartier P sur la tendance à corrompre. Soit:

$$\begin{aligned} \frac{\partial D_R}{\partial N} = & \left\{ \frac{1}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2} \right\} \{ [n\bar{x}(v - \tau) - H_R(v - \tau + \sigma\tau)][N(v - \tau) + (N \\ & + n)\sigma\tau] \\ & - [Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau) + n(H_P + D)\sigma\tau][(v - \tau) \\ & + \sigma\tau] \}. \end{aligned}$$

À nouveau, en développant puis en factorisant:

$$\frac{\partial D_R}{\partial N} = \frac{\bar{x}(v - \tau)\sigma\tau(Nn + n - Nn) + H_R(v - \tau + \sigma\tau)\sigma\tau(-N - n + N) - n(H_P + D)[(v - \tau)\sigma\tau + (\sigma\tau)^2]}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2}.$$

Et enfin,

$$\frac{\partial D_R}{\partial N} = \frac{n\sigma\tau[n\bar{x}(v - \tau) - (H_R + H_P + D)(v - \tau + \sigma\tau)]}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2}.$$

Cette fois, l'expression est positive si et seulement si:

$$n\bar{x}(v - \tau) - (H_R + H_P + D)(v - \tau + \sigma\tau) > 0,$$

ou encore,

$$\frac{(H_R + H_P + D)}{\bar{x}} < nk,$$

où

$$k = \frac{(v - \tau)}{[v - \tau(1 - \sigma)]}.$$

Le paramètre k correspond donc au quotient entre la valorisation du service par les agents et cette même valorisation lorsque le tarif journalier est ajusté du pourcentage qui est perçu par les employés ($k \leq 1$).

Ainsi, comme pour $\frac{\partial D_R}{\partial \tau}$, le sens de l'impact marginal d'une hausse de la population pauvre sur la propension à payer des habitants de R pour obtenir l'investissement D_R dépendra du montant de l'investissement total, pondéré par l'indice de pauvreté institutionnelle. Néanmoins, afin que l'effet soit positif, il faut à présent que ce montant soit inférieur à la taille de la population de la zone R , pondérée par le ratio k .

Par conséquent, si l'intéressement et le tarif journalier son faibles, l'inégalité sera plus facilement respectée. En revanche, plus τ est élevé et l'intéressement conséquent, plus il est probable que l'inégalité ne soit pas respectée et que le montant d'investissement détourné diminue avec N . Le cas échéant, plus N augmente et plus les recettes de l'opérateur augmentent lorsqu'il investit dans le quartier pauvre. Le pot-de-vin doit donc être plus important pour que les employés acceptent de travailler dans la zone R , et les habitants de ce quartier ont tendance à demander un D_R moins important.

La façon dont la taille de la population pauvre influe sur le montant d'investissement détourné dépend donc directement de la décision de l'opérateur quant à l'intéressement optimal, ce qui sera discuté dans la section suivante.

v) Variation du montant détourné par rapport aux dépenses en investissement et entretien du réseau

On s'intéresse à présent à l'effet marginal d'une augmentation du montant d'investissement disponible sur la tendance du joueur 2 à soudoyer les employés de l'opérateur, et on évalue donc le signe de la dérivée de D_R par rapport à D .

$$\frac{\partial D_R}{\partial D} = \frac{n\sigma\tau}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} > 0,$$

et on observe que l'expression est toujours positive. Par conséquent, une hausse de D engendre une hausse de la propension des agents à offrir un pot-de-vin aux employés de l'opérateur, les habitants de la zone R ayant tendance à vouloir obtenir un investissement D_R plus important. En effet, une augmentation de D équivaut à une hausse de l'investissement total disponible, dont une majeure partie devrait être allouée à la rénovation du réseau d'adduction en eau potable de la zone P sur la base de l'efficacité de l'investissement, ce qui accroît la disposition à payer des habitants de R afin d'obtenir l'allocation de dépenses supplémentaires dans leur quartier.

vi) Variation du montant détourné par rapport à l'intéressement des employés

Enfin, il reste à évaluer l'impact d'une hausse marginale du pourcentage des recettes de la firme perçu par les employés sur le montant d'investissement détourné vers le quartier R .

La dérivée de D_R par rapport à σ s'écrit:

$$\frac{\partial D_R}{\partial \sigma} = \left[\frac{1}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2} \right] \left[-N H_R(v - \tau)\tau - N(N + n)H_R\sigma\tau^2 \right. \\ \left. + Nn(H_p + D)(v - \tau)\tau + n(N + n)(H_p + D)\sigma\tau^2 \right. \\ \left. - Nn(N + n)\bar{x}(v - \tau)\tau + N(N + n)H_R(v - \tau + \sigma\tau)\tau \right. \\ \left. - n(N + n)(H_p + D)\sigma\tau^2 + Nn \frac{\partial D}{\partial \sigma} \sigma\tau(\sigma\tau + v - \tau) + n \frac{\partial D}{\partial \sigma} (\sigma\tau)^2 \right],$$

ce qui se simplifie sous la forme:

$$\frac{\partial D_R}{\partial \sigma} = \frac{Nn(v - \tau)\tau[H_R + H_p + D - (N + n)\bar{x}] + n \frac{\partial D}{\partial \sigma} \sigma\tau[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2}.$$

Cette fois, le sens de l'effet marginal dépend donc de l'importance relative de l'investissement total pondéré par l'indice de pauvreté institutionnelle par rapport à la taille de la population de la métropole, mais également du signe de $\frac{\partial D}{\partial \sigma}$, soit l'effet marginal d'une hausse de l'intéressement des employés sur le montant des dépenses disponibles. Or, on a vu qu'étant données les restrictions imposées à l'investissement, on a $H_R + H_p + D - \bar{x}(N + n) < 0$, et si $\frac{\partial D}{\partial \sigma} < 0$ (ce qui sera démontré par la suite), alors une hausse de l'intéressement des employés occasionne une baisse de la tendance à corrompre.

En effet, deux effets différents contribuent ici conjointement à l'effet négatif d'une hausse de σ sur le montant d'investissement détourné. Dans un premier temps, on retrouve l'effet — vu à plusieurs reprises — de l'insuffisance de l'investissement disponible pour ramener la qualité actuelle du service à l'état optimal: étant donné qu'il existe un rattrapage à faire en termes d'investissement, le fait d'intéresser davantage les employés de l'opérateur à agir là où le service est le plus défectueux affaiblira leur incitatif à accepter le pot-de-vin offert par les habitants de la zone R (ou l'incitatif de ces derniers à détourner les fonds d'investissement). Dans un second temps, le terme de droite, négatif lui aussi, indique que plus l'intéressement des employés est élevé, et moins il y a d'investissements susceptibles d'être détournés (puisque $\frac{\partial D}{\partial \sigma} < 0$). En d'autre termes, lorsque σ augmente, le montant disponible à

l'investissement diminue, mais il devient comparativement plus intéressant pour les employés de travailler dans la zone P , et ils ont donc moins tendance à accepter le pot-de-vin.

Ce dernier résultat donne un premier aperçu des éléments qui influent sur la décision de l'opérateur quant à la détermination du σ optimal, et nous examinerons cette décision de façon plus approfondie dans la section suivante. De plus, l'analyse de statique comparative exposée ci-haut fournit les principaux résultats de la modélisation théorique, et nous permet de mieux comprendre les implications en matière de corruption de la mise en place d'une nouvelle politique de tarification à Port-au-Prince, ce dont il sera discuté par la suite.

5.2. Problème de l'opérateur public

Ayant défini la stratégie adoptée par la population du quartier R , second joueur de notre jeu séquentiel, ainsi que la façon dont cette stratégie, représentée par le montant d'investissement détourné (D_R), est affectée par les différents composants du modèle, il demeure à étudier la décision de l'opérateur quant à la fixation de l'intéressement des employés (σ). Sans qu'il soit nécessaire — étant donné que notre objectif n'est pas d'analyser de façon exhaustive les implications du modèle en matière de bien-être⁶ — d'exprimer σ de façon explicite, il convient néanmoins de mieux comprendre ce sur quoi repose la décision de l'opérateur lorsqu'il fixe l'intéressement des employés, ce qui nous permettra de discuter des implications en matière de corruption qu'aurait une nouvelle politique de tarification basée sur le fonctionnement effectif du service, et d'obtenir certaines perspectives quant aux mécanismes dont dispose l'opérateur public pour lutter contre la corruption.

⁶ Certains éléments de réponse sont néanmoins abordés en fin d'annexe 3

Ainsi, comme on a pu le voir précédemment, l'opérateur maximise une fonction de bien-être social, et — de l'expression (3) — il est possible d'écrire le problème sous la forme:

$$\max_{\sigma} W = \frac{vD}{(1-\sigma)\tau} - D,$$

ou encore,

$$\max_{\sigma} W = \frac{D[v - (1-\sigma)\tau]}{(1-\sigma)\tau},$$

avec D fonction des paramètres du modèle et de la variable de décision du premier joueur.

Ainsi, la condition de premier ordre s'écrit:

$$\frac{\partial W}{\partial \sigma} = 0,$$

et on obtient donc:

$$\underbrace{v \frac{\partial D}{\partial \sigma} (1-\sigma)\tau + Dv\tau}_{\text{Ce qui est investi est moins vulnérable à la corruption}} - \underbrace{\frac{\partial D}{\partial \sigma}}_{\text{Baisse marginale du montant à investir due à une hausse de } \sigma} = 0. \quad (5)$$

Ce qui est investi
est moins
vulnérable à la
corruption

Baisse marginale
du montant à
investir due à une
hausse de σ

Par conséquent, lorsqu'il maximise le bien-être social, la décision de l'opérateur repose sur l'établissement d'un compromis entre deux effets distincts et antagonistes. Dans un premier temps, le terme de gauche correspond à la hausse de bien-être occasionnée par une meilleure allocation de l'investissement, puisqu'une hausse marginale de l'intéressement engendre une baisse du montant détourné

(lorsque le pourcentage que les employés perçoivent sur les recettes de l'opérateur augmente, ceux-ci sont d'autant plus incités à investir davantage de leur temps à l'entretien du réseau dans la zone où une amélioration de la qualité du service engendrera une augmentation des recettes plus importante). Deuxièmement, le terme de droite correspond à une diminution du bien-être résultant d'une baisse du montant disponible à l'investissement, également liée à une hausse marginale de σ . En toute logique, les dépenses et les profits de l'opérateur diminuent lorsqu'il redistribue une part plus importante de ses recettes à ses employés, ce qui affecte également le bien-être social. Il revient donc à l'opérateur de fixer σ de façon à disposer d'un montant à investir suffisamment élevé pour assurer la rénovation et l'entretien du réseau, tout en conservant un intéressement substantiel afin que le montant investi soit de meilleure qualité, autrement dit moins vulnérable à la corruption.

De (5), on exprime:

$$\begin{aligned}
v \frac{\partial D}{\partial \sigma} (1 - \sigma) \tau + v \tau D - \frac{\partial D}{\partial \sigma} [\tau^2 - 2\sigma \tau^2 + (\sigma \tau)^2] &= 0 \\
\rightarrow v \sigma \tau \frac{\partial D}{\partial \sigma} - 2\sigma \tau^2 \frac{\partial D}{\partial \sigma} + \sigma \tau^2 \frac{\partial D}{\partial \sigma} &= v \tau \left(\frac{\partial D}{\partial \sigma} + D \right) - \tau^2 \frac{\partial D}{\partial \sigma} \\
\rightarrow \frac{\partial D}{\partial \sigma} [\sigma(v - 2\tau) + \sigma \tau] &= v \left(\frac{\partial D}{\partial \sigma} + D \right) - \tau \frac{\partial D}{\partial \sigma} \\
\rightarrow \tau \sigma + (v - 2\tau) \sigma - \frac{v \left(\frac{\partial D}{\partial \sigma} + D \right) - \tau \frac{\partial D}{\partial \sigma}}{\frac{\partial D}{\partial \sigma}} &= 0,
\end{aligned}$$

ou encore,

$$\frac{\partial D}{\partial \sigma} = - \frac{v \tau D}{(1 - \sigma) \tau [v - (1 - \sigma) \tau]}. \quad (6)$$

On obtient donc bien $\frac{\partial D}{\partial \sigma} < 0$, ce qui a des implications considérables quant aux résultats obtenus précédemment. Plus précisément, cela confirme que $\frac{\partial D_R}{\partial \sigma} < 0$,

validant ainsi notre interprétation d'une hausse de l'intéressement des employés comme mécanisme d'affaiblissement de l'incitatif à accepter le pot-de-vin, ce qui contribue à diminuer le montant d'investissement détourné. Les différents éléments de réponse apportés par notre modèle ayant été obtenus, il convient à présent de discuter de ces résultats et de les mettre en perspective.

5.3. Discussion et remise en contexte

Au travers de l'analyse de statique comparative, nous avons pu examiner de quelle façon les différents éléments du modèle interagissent avec la stratégie du second joueur, ce qui constituait l'étape décisive de la démarche que nous nous proposons d'effectuer. Qu'avons-nous appris par le biais de ce processus de modélisation théorique? Quelles sont les perspectives que celle-ci nous permet d'obtenir quant aux conséquences possibles de la politique de tarification proposée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul en matière de corruption? Enfin, cette approche offre-t-elle des implications intéressantes concernant les mécanismes susceptibles d'aider l'opérateur à lutter contre les effets de la corruption sur l'accès à l'eau potable à Port-au-Prince? Autant d'interrogations qu'il convient à présent d'examiner de façon plus approfondie.

Le premier résultat que nous offre l'analyse de statique comparative concerne l'impact marginal de τ , tarif journalier en cas de bon fonctionnement du service, sur le montant d'investissement détourné. Ainsi, on constate que $\frac{\partial D_R}{\partial \tau} < 0$, sous l'hypothèse que $H_R + H_P + D - \bar{x}(N + n) < 0$. En effet, étant données les contraintes qui régissent le montant des dépenses disponibles, celles-ci ne sont en l'état actuel pas suffisantes pour ramener la qualité du service à l'état optimal (le cas échéant, D serait tel que $H_R + H_P + D - \bar{x}(N + n) = 0$). En d'autres termes, si D n'était pas limité, l'investissement total per capita (historique et à venir) serait suffisant pour compenser la faiblesse du cadre institutionnel et ramener à 100% la probabilité de fonctionnement du service dans l'ensemble de la ville, ce qui n'est malheureusement pas le cas ici. Néanmoins, le signe de la dérivée demeure

encourageant, et fait écho aux résultats obtenus par Billette de Villemeur, Leroux, et Paul exposés plus haut (section 3.1). Ceux-ci démontraient, à l'aide de l'indice d'inégalité I_R (expression 1), que dans le cadre d'une politique de tarification basée sur le fonctionnement effectif du service, une hausse du tarif journalier n'intervient plus comme facteur d'accroissement des inégalités d'accès à l'eau potable. De la même façon, l'analyse de statique comparative révèle que l'effet marginal d'une augmentation du tarif journalier sur le montant d'investissement détourné est négatif, ce qui implique qu'une hausse du tarif n'engendrera pas une hausse de la tendance à corrompre, et pourra même contribuer à l'affaiblissement de l'incitatif des employés à accepter les pots-de-vin qui leur sont offerts. Or, ce résultat semble d'autant plus intéressant que la mise en place d'une nouvelle tarification devra certainement s'accompagner d'une révision des tarifs à la hausse, étant donné qu'il est nécessaire pour l'opérateur de conserver un niveau de revenus constant après la mise en place de la réforme, tant afin d'assurer la faisabilité de celle-ci que de permettre d'assurer la rénovation et la maintenance du réseau.

Par ailleurs, le montant du tarif journalier a également des implications particulièrement importantes quant à l'effet marginal d'une hausse de la population défavorisée sur le montant d'investissement détourné, $\frac{\partial D_R}{\partial N}$. Plus ambigu que les résultats obtenus pour les autres éléments du modèle, le signe de cet effet marginal dépend cette fois directement de l'importance relative de certains paramètres, en particulier τ et σ . Ainsi, lorsque τ est suffisamment élevé pour que v et τ soient proches — hypothèse d'autant plus plausible avec la hausse attendue du tarif — alors le signe de $\frac{\partial D_R}{\partial N}$ dépend directement de la valeur de l'intéressement des employés, et on aura $\frac{\partial D_R}{\partial N} < 0$ si et seulement si σ est suffisamment élevé. Ce résultat souligne l'importance de la décision de l'opérateur quant à la détermination du σ optimal, d'autant plus lorsque l'on considère la pression démographique qui s'exercera à Port-au-Prince dans les prochaines années. En effet, il est probable que la croissance de la population et l'exode rural considérable que rencontre actuellement le pays (Banque Mondiale, 2006) contribueront dans un futur proche à l'accroissement de la

population urbaine pauvre, d'où l'importance d'assurer que ce défi démographique ne constitue pas un facteur renforçant la corruption.

À l'opposé, il semble malheureusement moins probable que la croissance démographique ait un impact majeur sur la taille de la population aisée (ne perdons pas de vue qu'une augmentation de la taille de la population aisée, du moins relativement à celle de la population défavorisée, constitue en soit une issue souhaitable). Néanmoins, conformément à ce qui était attendu, l'effet marginal d'une hausse de la population du quartier R sur le montant d'investissement détourné est quant à lui toujours positif. En effet, la valorisation du service par les habitants augmente proportionnellement avec la taille de la population, affectant ainsi à la hausse leur propension à payer pour un investissement D_R plus élevé. De même, le signe de l'effet marginal d'une hausse des dépenses de l'opérateur sur le montant d'investissement détourné $\frac{\partial D_R}{\partial D}$ est toujours positif, puisque lorsque l'investissement disponible augmente, la condition d'efficacité implique que le surplus soit investi dans le quartier P , ce qui accroît la disposition à payer de la population aisée pour obtenir un investissement plus élevé dans le quartier R .

De plus, ce dernier résultat va de pair avec celui obtenu pour $\frac{\partial D_R}{\partial \sigma}$, l'impact d'une hausse marginale de l'intéressement des employés sur la tendance à corrompre, également lié à $\frac{\partial D}{\partial \sigma}$, l'effet d'une hausse marginale de l'intéressement sur les dépenses de l'opérateur.⁷ Comme nous avons pu le constater par le biais du problème de l'opérateur, on obtient $\frac{\partial D}{\partial \sigma} < 0$, ce qui confirme que le signe de $\frac{\partial D_R}{\partial \sigma}$ est lui aussi négatif. Ainsi, une hausse marginale de σ a pour effet de diminuer le montant total d'argent détourné, malgré une baisse des dépenses d'investissement et d'entretien du réseau (baisse qui contribue toutefois également à limiter la corruption). Ce résultat est directement lié à la décision de l'opérateur lorsqu'il fixe σ de façon à maximiser le bien-être social: il lui revient d'établir un compromis entre disposer d'un montant

⁷ Afin de rendre la relation entre ces différents effets marginaux plus explicite, notons que $\frac{\partial D_R}{\partial \sigma} = \frac{\partial D_R}{\partial D} \cdot \frac{\partial D}{\partial \sigma}$

d'investissement suffisamment élevé pour assurer l'entretien et la rénovation du réseau, et limiter, par le biais de l'intéressement des employés, le montant de ses dépenses qui sera détourné.

Par conséquent, σ constitue bel et bien un mécanisme par le biais duquel l'opérateur public est en mesure de lutter contre les effets de la corruption. Dans le cadre de la mise en place de la réforme proposée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul, le fait d'intéresser les employés constitue *de facto* un incitatif grâce auquel les agents ont dans une moindre mesure tendance à accepter le pot-de-vin qui leur est offert, ce qui contribue également à la réduction des inégalités, puisqu'il devient comparativement plus intéressant pour eux d'investir davantage de temps à l'entretien et à la rénovation du réseau là où il est le plus défectueux. Ce résultat est en adéquation avec la littérature existante sur le sujet, plusieurs études démontrant qu'il peut être efficace de mettre en place des mécanismes, financiers ou non, destinés à inciter les employés publics à ne pas adopter de comportements liés à la corruption ou plus généralement indésirables (voir notamment Duflo, Hanna et Ryan, 2012, et Banerjee et al., 2012). Néanmoins, les résultats obtenus s'accompagnent bien souvent de certaines réserves, puisqu'il est parfois difficile de s'assurer que les incitatifs mis en place servent bel et bien les objectifs pour lesquels ils sont destinés, et ne provoquent pas d'effets pervers imprévus (Olken et al., 2013). Par exemple, dans le cadre d'un programme destiné à limiter la corruption dans les services de police par le biais de primes et de quotas sur les procès verbaux, comment s'assurer que l'incitatif réellement mis en avant n'est pas de verbaliser seulement les automobilistes récalcitrants à l'idée de verser un pot-de-vin? La façon de concevoir et de mettre en place un système d'incitatifs approprié constitue sans conteste un enjeu délicat. Néanmoins, dans le cadre spécifique de la politique de tarification proposée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul, l'incitatif mis en place repose directement sur le fonctionnement effectif du service, dont la qualité est

observable de façon relativement aisée par l'opérateur⁸, laissant ainsi peu de place à l'émergence de nouveaux effets pervers.

Enfin, il nous reste à considérer un dernier résultat, celui de l'impact marginal d'une hausse de l'indice de pauvreté institutionnelle sur le montant d'investissement détourné, tel que $\frac{\partial D_R}{\partial \bar{x}} > 0$. Ceci implique que toute détérioration de l'environnement institutionnel engendre une hausse de la tendance à corrompre, et bien que conforme à nos attentes, ce résultat peut avoir des implications non négligeables. En effet, un accroissement de la corruption dû à des éléments externes au cadre de notre étude, ou de façon plus générale tout élément affectant négativement les institutions, aussi bien politiques qu'économiques, peut dégrader l'environnement institutionnel dans son ensemble, stimulant ainsi à la hausse le montant d'argent détourné, et augmentant d'autant plus le montant à investir pour atteindre l'état d'équilibre. Ceci illustre un phénomène plus global, celui d'un effet de contagion des institutions, et d'un cercle vicieux lié à la perpétuation de l'environnement institutionnel. Ainsi, d'après Acemoglu et Robinson (2012), les institutions extractives tendent à favoriser la mise en place de nouvelles institutions du même type et à résister aux tentatives internes visant à les réformer, cette inertie étant particulièrement élevée dans le cadre des nations autrefois soumises à la colonisation européenne, et dont les institutions actuelles en sont parfois l'héritage (Acemoglu et al., 2000). D'après les auteurs, seules des "jonctions critiques", événements majeurs affectant de façon décisive la trajectoire historique d'une nation, et agissant de façon conjointe à une lente dérive institutionnelle, peuvent permettre de briser ce cercle vicieux.

Néanmoins, Banerjee et al. (2012), démontrent, à l'aide d'un essai contrôlé randomisé mené auprès de 162 postes de police en Inde, qu'il est parfois bel et bien possible de réformer relativement rapidement les institutions de façon interne, en particulier à l'aide de mesures simples et susceptibles d'être mises en application sans nécessiter d'investissements à grande échelle. De plus, et bien que d'après les auteurs, de nouvelles recherches soient nécessaires pour étayer cette hypothèse, il

⁸ À noter que Billette de Villemeur travaille actuellement à la conception d'un système d'information sur la qualité du réseau afin de faciliter la mise en place de la politique de tarification proposée.

semble que l'introduction de mécanismes incitatifs destinés à accompagner la mise en place de ces réformes pourrait permettre d'assurer leur succès dans une plus large mesure. Ces résultats encourageants illustrent l'importance des "changements à la marge" (Banerjee et Duflo, 2011) et renforcent l'idée que, malgré l'inertie traditionnellement associée au changement institutionnel, il demeure possible d'apporter des modifications concrètes, permettant peu à peu de rendre les institutions plus inclusives, plus socialement justes, et moins vulnérables à la corruption.

6. Conclusion, limites et perspectives de recherche

La nature fugitive de la corruption et de ses nombreuses voies d'influence impliquent qu'il est bien souvent difficile de mesurer précisément son amplitude et ses effets. Pourtant, l'impact de la corruption sur les services publics dans les pays en développement fait aujourd'hui l'objet d'un consensus au sein de la littérature dédiée. Les multiples ramifications de la corruption administrative et, de façon agrégée, l'étendue des montants détournés sont tels qu'ils provoquent d'importants coûts d'efficacité pour les gouvernements, et affectent négativement la qualité des services publics fondamentaux (Olken et al., 2013). Néanmoins, la façon de concevoir des réformes susceptibles de stimuler le changement institutionnel et de résister, du moins partiellement, aux conséquences de la corruption, demeure encore aujourd'hui bien plus incertaine.

À travers cette étude, nous avons tenté de mieux comprendre la façon dont la corruption peut influencer l'accès aux services publics du plus grand nombre et amplifier les inégalités existantes. Au-delà des effets néfastes de la corruption, nous espérons obtenir des perspectives sur la manière dont il est possible de mettre en place des réformes susceptibles de demeurer efficaces malgré ces effets, notamment grâce à une refonte des incitatifs mis en avant. Afin d'obtenir des éléments de réponse sur cette vaste problématique, nous nous sommes donc intéressés au cas de la République d'Haïti, et plus spécifiquement de l'accès à l'eau potable à Port-au-Prince. Dans la métropole Haïtienne, où l'accès à l'eau potable n'est généralement pas disponible plus de quelques jours par mois, la tarification actuellement forfaitaire constitue un facteur considérable d'accroissement des inégalités, en particulier en l'absence de compteurs. Or, ces inégalités sont d'autant plus importantes du fait de la corruption, celle-ci se manifestant par une vaste concurrence entre les usagers, les ménages les mieux nantis étant en mesure de verser des pots-de-vin afin de bénéficier de l'accès à l'eau, bien souvent au détriment des ménages les plus défavorisés.

Dans un article paru en 2014 et prenant en compte le contexte Haïtien, Billette de Villemeur, Leroux et Paul démontrent les avantages de tarifier l'eau en proportion du fonctionnement effectif du service. Après avoir présenté les différents éléments, propres à la situation de l'accès à l'eau potable en Haïti, qui soulignent la nécessité de réformer la tarification actuelle de façon concrète et innovante, nous nous sommes appuyés sur le cadre théorique développé par les auteurs pour introduire la corruption comme variable clé du problème posé par les inégalités d'accès à l'eau en Haïti. Par la suite, nous avons tenté de concevoir et de résoudre un jeu séquentiel décrivant les interactions entre deux agents, et prenant en compte les effets de la corruption et de la concurrence pour l'accès à l'eau potable ayant cours à Port-au-Prince.

De façon plus spécifique, nous avons cherché à représenter les décisions stratégiques d'un opérateur public, en charge de maximiser le bien-être social en fixant le pourcentage d'intéressement de ses employés, et d'une fraction de la population pour laquelle il est avantageux de détourner une partie des investissements destinés à améliorer la qualité du service là où celle-ci est la plus faible. Sans toutefois développer une analyse complète des implications du modèle en termes de bien-être, la résolution et l'analyse de statique comparative nous ont permis d'obtenir certains résultats intéressants, et de lever une part de l'incertitude liée aux effets de la politique de tarification proposée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul en matière de corruption. Ainsi, on a pu constater que non seulement une augmentation du tarif, certainement nécessaire, ne contribuerait plus à accroître les inégalités existantes, comme le démontraient les auteurs, mais pourrait également affaiblir l'incitatif à détourner un montant d'investissement. De plus, il a été possible de démontrer qu'à travers l'intéressement des employés, l'opérateur public disposait *de facto* d'un mécanisme d'incitatifs lui permettant de lutter contre les effets de la corruption, et d'encourager à la rénovation du réseau là où celui-ci est le plus défectueux. Enfin, certains résultats invitent à la prudence. En particulier, si l'impact d'une croissance de la population pauvre sur le montant détourné demeure ambigu et dépendra notamment de la décision de l'opérateur quant à l'intéressement optimal, il est clair que tout choc affectant l'environnement institutionnel dans son ensemble

risque de rendre d'autant plus difficile l'amélioration de la qualité du service, et encouragera la corruption.

Par ailleurs, notons qu'au long de cette étude, nous nous sommes principalement intéressés à ce que la modélisation théorique pouvait nous apprendre quant aux implications de la corruption sur la réforme proposée par Billette de Villemeur, Leroux et Paul, et dans une moindre mesure à l'analyse des implications de notre modèle en matière de bien-être social. Ce dernier aspect constitue certainement l'une des principales limites de cette étude, et il serait intéressant dans le cadre de recherches futures d'examiner ces implications plus en détail. De même, il est intéressant de noter que notre analyse ne tient pas compte d'éventuels effets d'équilibre général, et il demeure envisageable qu'une amélioration de la corruption dans le cadre étroit de notre analyse ait des externalités négatives imprévues. Enfin, nous avons émis l'hypothèse que la totalité du pot-de-vin était captée par les employés de l'opérateur. Par la suite, il serait intéressant de revenir sur cette hypothèse afin d'examiner d'éventuels changements dans les résultats du modèle lorsque l'opérateur est en mesure de percevoir une partie du pot-de-vin et de la réinvestir dans l'entretien et la rénovation du réseau.

Bibliographie

Acemolgu, Daron, et James A. Robinson. "Economic origins of dictatorship and democracy". *Cambridge University Press*, 2005.

Acemolgu, Daron, et James A. Robinson. "Why Nations Fail: The origins of power, prosperity and poverty". *New York: Crown*, 2012. Print.

Acemoglu, Daron, Simon Johnson, and James A. Robinson. "The colonial origins of comparative development: An empirical investigation". *No. w7771. National bureau of economic research*, 2000.

Anbarci, Nejat, Monica Escaleras, et Charles A. Register. "The ill effects of public sector corruption in the water and sanitation sector". *Land Economics* 85. 363-377. 2009

American Water Works Association. "Principles of water rates, fees, and charges", 2012.

Banerjee, Abhijit et Esther Duflo. "Poor economics: A radical rethinking of the way to fight global poverty". *Public Affairs*, 2011.

Banerjee, A. V., Chattopadhyay, R., Duflo, E., Keniston, D., & Singh, N. "Can institutions be reformed from within? Evidence from a randomized experiment with the Rajasthan police", 2012.

Banque Mondiale, Caribbean Country Management Unit. "Social Resilience and State Fragility in Haiti - A Country Social Analysis". *Report N°36069-HT*. 2006.

Banque Mondiale, Haiti Country Management Unit. "Program Document - Strengthening Governance in Education, Water and Sanitation". *Report N°84957-HT*. 2014.

Banque Mondiale, Poverty reduction and Economic Management Unit & Caribbean Country Management Unit. "Haiti: The Challenges of Poverty Reduction". *Vol 1. Report N°17242-HA*, 1998.

Billette De Villemeur, Étienne, Justin Leroux et Paul Bénédique. "La Tarification de l'eau: un outil pour réduire les inégalités et inciter à la maintenance du réseau". *Haiti Perspective 3.1*: 42-47, 2014.

Boiteux, Marcel. "Sur la gestion des monopoles publics astreints à l'équilibre budgétaire". *Econometrica, Journal of the Econometric Society*: 22-40, 1956.

Boland, John J., et Dale Whittington. "The political economy of increasing block tariffs in developing countries". *World Bank Sponsored Workshop on Political Economy of Water Pricing Implementation*, Washington, DC, 1998.

Boyer, Marcel, Michel Moreaux et Michel Truchon. "Partage des coûts et tarification des infrastructures: tarification optimale des infrastructures communes". *CIRANO*, 2003.

Collignon, Bernard et Bruno Valfrey. "La restructuration du service de l'eau dans les bidonvilles de Port-au-Prince", Paris, *Hydro Conseil/GRET*, 1998.

Davis, Jennifer. "Corruption in public service delivery: experience from South Asia's water and sanitation sector". *World development* 32.1: 53-71, 2004

Deininger, Klaus, et Paul Mpuga. "Does greater accountability improve the quality of public service delivery? Evidence from Uganda." *World development* 33.1: 171-191, 2005.

Duflo, Esther, Rema Hanna, and Stephen P. Ryan. "Incentives work: Getting teachers to come to school." *The American Economic Review*: 1241-1278, 2012.

Duflo, Esther, Sebastian Galiani, et Mushfiq Mobarak. "Improving Access to Urban Services for the Poor: Open Issues and a Framework for a Future Research Agenda." *Poverty Action Lab*, 2012.

Etienne, Janique. "Eau et assainissement: croyances, modes et modèles." *Afrique contemporaine*, no 204, p.103-117, 2003.

Feachem, Richard. "The water and sanitation decade." *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. Vol 84, 1981.

Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI), <http://www.ihsi.ht/>

Jaglin, Sylvie. "L'eau potable dans les villes en développement: les modèles marchands face à la pauvreté." *Revue Tiers Monde*: 275-303, 2001.

Klitgaard, Robert. "Addressing Corruption in Haiti". *American Enterprise Institute*, 2010.

Leroux, Justin, Jérémy Laurent-Lucchetti, et Kim McGrath. "Réflexion sur une tarification équitable des services d'eau au Québec". No. 2014rp-02. *CIRANO*, 2014.

Mara, Duncan, et Graham Alabaster. "A new paradigm for low-cost urban water supplies and sanitation in developing countries". *Water Policy* 10.2: 119, 2008.

Ménard, Claude. "Enjeux d'eau: la dimension institutionnelle". *Revue Tiers Monde*: 259-274, 2001.

Menendez, Aurelio. "Access to basic infrastructure by the urban poor". *World Bank Publications*. Vol. 75, 1991.

Noll, Roger, Mary Shirley, et Simon Cowan. "Reforming urban water systems in developing countries." *Economic policy reform: The second stage*. 243-289, 2000.

North, Douglass C. "Institutions and economic growth: An historical introduction." *World development* 17.9: 1319-1332, p.4, 1989.

Olken, B. A., et al. "Governance Review Paper: J-PAL Governance Initiative Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab." *Cambridge, MA*, 2011.

Percebois, Jacques. "L'apport de la théorie économique aux débats énergétiques". *Rapport CREDEN/Faculté de Sciences Économiques de l'Université de Montpellier I*, 1999.

Pierre, Andrena, Pierre Minn, Carlo Sterlin, Pascale C. Annoual, Annie Jaimes, Frantz Raphaël, Eugene Raikhel, Rob Whitley, Cécile Rousseau et Laurence J. Kirmayer. "Culture et santé mentale en Haïti: une revue de littérature". *Santé mentale au Québec*, Volume 35, n°1, 2010.

Rogers, Peter, Radhika De Silva, et Ramesh Bhatia. "Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability." *Water policy*, 4.1, 1-17, 2002.

Schultz, T. Paul. "Interpretation of relations among mortality economics of the household and the health environment". 382-422, 1979.

Sen, Amartya. "Éthique et économie". *OUP Catalogue*, 1999.

Sen, Amartya. "L'idée de Justice." *Harvard University Press*, 2011.

Shi, Anqing, "How Access to Urban Potable Water and Sewerage Connections Affects Child Mortality". *Policy Research Working Papers*, 2000.

Sohail, Muhammed, et Sue Cavill. "Water for the poor: Corruption in water supply and sanitation." *Global Corruption Report 2008: Corruption in the Water Sector*: 44-52, 2008.

Transparency International. *Corruptions Perception Index 2014*. Web. <<http://www.transparency.org/whatwedo/publication/cpi2014>>. Site web visité pour la dernière fois le 28 octobre 2015.

UNICEF et Organisation Mondiale de la Santé, "Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012 update".

Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), Objectifs de Développement Durable (ODD) 2015, <<http://www.undp.org/content/undp/fr/home/mdgoverview/post-2015-development-agenda.html>>. Site web visité pour la dernière fois le 28 octobre 2015.

United Nations, "The Millenium Development Goals Report 2014" <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2014/English2014.pdf>

Vincent, Isabelle. "Le prix de l'eau pour les pauvres: comment concilier droit d'accès et paiement d'un service?" *Afrique Contemporaine* /1 no 205, p.119-134, 2003.

Vircoulon, Thierry. "L'eau gratuite pour tous? L'exemple de la nouvelle politique de l'eau en Afrique du Sud". *Afrique Contemporaine* /1 no 205, p.135-150, 2003.

Whittington, Dale. "Possible adverse effects of increasing block water tariffs in developing countries". *Economic Development and Cultural Change*: 75-87, 1992.

Annexe 1: Résolution du problème des habitants de la zone R sous l'hypothèse d'une forme fonctionnelle

Comme on a pu le constater précédemment, le problème des habitants de la zone R s'écrit:

$$\begin{aligned} \max_{D_R} W_R &= (v - \tau)nF\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) - B \\ \text{s. t. } B &\geq \sigma[R_1(D) - R_2(D)] \end{aligned}$$

où

$$R_1(D) = \tau \left[nF\left(\frac{H_R}{n}\right) + NF\left(\frac{H_P + D}{N}\right) \right],$$

et

$$R_2(D) = \tau \left[nF\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) + NF\left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right) \right].$$

En remplaçant la contrainte dans la fonction-objectif:

$$\begin{aligned} \max_{D_R} W_R &= (v - \tau)nF\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) - \sigma(R_1 - R_2) \\ \rightarrow \max_{D_R} W_R &= (v - \tau)nF\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) \\ &\quad - \sigma\tau \left[nF\left(\frac{H_R}{n}\right) + NF\left(\frac{H_P + D}{N}\right) - nF\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) \right. \\ &\quad \left. - NF\left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right) \right]. \end{aligned}$$

Or, on a vu que:

$$F(x) = \frac{2x}{\bar{x}} - \left(\frac{x}{\bar{x}}\right)^2 = \frac{x(2\bar{x} - x)}{\bar{x}^2}.$$

Par conséquent, on peut ré-exprimer le problème de maximisation du bien-être des habitants de la zone R :

$$\begin{aligned} \max_{D_R} W_R = & (v - \tau)n \left\{ \frac{\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) \left[2\bar{x} - \left(\frac{H_R + D_R}{n}\right)\right]}{\bar{x}^2} \right\} \\ & - \sigma\tau \left\{ n \left[\frac{\left(\frac{H_R}{n}\right) \left[2\bar{x} - \left(\frac{H_R}{n}\right)\right]}{\bar{x}^2} \right] + N \left[\frac{\left(\frac{H_P + D}{N}\right) \left[2\bar{x} - \left(\frac{H_P + D}{N}\right)\right]}{\bar{x}^2} \right] \right\} \\ & - n \left[\frac{\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) \left[2\bar{x} - \left(\frac{H_R + D_R}{n}\right)\right]}{\bar{x}^2} \right] \\ & - N \left[\frac{\left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right) \left[2\bar{x} - \left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right)\right]}{\bar{x}^2} \right] \left. \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \max_{D_R} W_R = & \frac{(v - \tau)}{\bar{x}^2} n \left[2 \left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) \bar{x} - \left(\frac{H_R + D_R}{n}\right)^2 \right] \\ & - \frac{\sigma\tau}{\bar{x}^2} \left\{ n \left[2 \left(\frac{H_R}{n}\right) \bar{x} - \left(\frac{H_R}{n}\right)^2 \right] + N \left[2 \left(\frac{H_P + D}{N}\right) \bar{x} - \left(\frac{H_P + D}{N}\right)^2 \right] \right\} \\ & - n \left[2 \left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) \bar{x} - \left(\frac{H_R + D_R}{n}\right)^2 \right] \\ & - N \left[2 \left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right) \bar{x} - \left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right)^2 \right] \left. \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \max_{D_R} W_R &= \frac{(v - \tau) \left[\frac{2n\bar{x}(H_R + D_R) - (H_R + D_R)}{n} \right]}{\bar{x}^2} \\ &\quad - \frac{\sigma\tau \left\{ \frac{2n\bar{x}H_R - H_R^2}{n} + \frac{2N\bar{x}(H_P + D) - (H_P + D)^2}{N} \right.} \\ &\quad \left. - \left[\frac{2n\bar{x}(H_R + D_R) - (H_R + D_R)}{n} \right] \right. \\ &\quad \left. - \left[\frac{2N\bar{x}(H_P + D - D_R) - (H_P + D - D_R)}{N} \right] \right\}}{\bar{x}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \max_{D_R} W_R &= \frac{(v - \tau) \left[\frac{2n\bar{x}(H_R + D_R) - (H_R + D_R)}{n} \right]}{\bar{x}^2} \\ &\quad - \frac{\sigma\tau \left\{ \frac{2Nn\bar{x}H_R - NH_R^2 + 2Nn\bar{x}(H_P + D) - n(H_P + D)^2 - 2Nn\bar{x}(H_R + D_R)}{Nn} \right.} \\ &\quad \left. + \frac{N(H_R + D_R)^2 - 2Nn\bar{x}(H_P + D - D_R) + n(H_P + D - D_R)}{Nn} \right\}}{\bar{x}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \max_{D_R} W_R &= \frac{(v - \tau) \left[\frac{2n\bar{x}(H_R + D_R) - (H_R + D_R)}{n} \right]}{\bar{x}^2} \\ &\quad - \frac{\sigma\tau \left\{ \frac{N(H_R + D_R)^2 + n(H_P + D - D_R) - NH_R^2 - n(H_P + D)^2}{Nn} \right\}}{\bar{x}^2} \end{aligned}$$

Enfin, on obtient:

$$\begin{aligned} \max_{D_R} W_R &= \frac{2(H_R + D_R)(v - \tau)}{\bar{x}} \\ &\quad - \frac{[N(H_R + D_R)^2(v - \tau + \sigma\tau) + n(H_P + D - D_R) \sigma\tau]}{Nn\bar{x}^2} \\ &\quad - \frac{[NH_R^2 + n(H_P + D)^2]\sigma\tau}{Nn\bar{x}^2}. \end{aligned}$$

La condition de premier ordre s'écrit:

$$\frac{\partial W_R}{\partial D_R} = 0$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \frac{2(v - \tau)}{\bar{x}} - \left(\frac{1}{Nn\bar{x}^2} \right) [2N(H_R + D_R)(v - \tau + \sigma\tau) + 2n(H_P + D - D_R)\sigma\tau(-1)] \\ = 0 \end{aligned}$$

$$\rightarrow \frac{N(H_R + D_R)(v - \tau + \sigma\tau) - n(H_P + D - D_R)\sigma\tau}{Nn\bar{x}} = (v - \tau).$$

Et on obtient donc

$$D_R = \frac{Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau) + n(H_P + D)\sigma\tau}{N(v - \tau + \sigma\tau) + n\sigma\tau}.$$

Ou encore

$$D_R = \frac{Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau) + n(H_P + D)\sigma\tau}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau}.$$

Et on a ainsi obtenu la fonction de réponse optimale du second joueur (les habitants de R) face à la décision de l'opérateur.

De plus, par souci de rigueur, il est possible de considérer deux solutions en coin: $D_R = D$ et $D_R = 0$.

Si $D_R = D$, alors $\frac{\partial W_R}{\partial D_R} > 0$ et on a:

$$\frac{2(v - \tau)}{\bar{x}} - \left(\frac{1}{Nn\bar{x}^2} \right) [2N(H_R + D_R)(v - \tau + \sigma\tau) - 2nH_P\sigma\tau] > 0$$

$$\rightarrow \left(\frac{1}{Nn\bar{x}} \right) [N(H_R + D_R)(v - \tau + \sigma\tau) - 2H_P\sigma\tau] < (v - \tau)$$

Par conséquent:

$$D_R < \frac{Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau) + nH_P\sigma\tau}{N(v - \tau + \sigma\tau)}.$$

Ou encore,

$$D < \frac{Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau) + nH_P\sigma\tau}{N(v - \tau + \sigma\tau)}.$$

D'autre part, si $D_R = 0$ alors on sait que $\frac{\partial W_R}{\partial D_R} < 0$ et on aura:

$$\begin{aligned} \frac{2(v - \tau)}{\bar{x}} - \left(\frac{1}{Nn\bar{x}^2} \right) [2N(H_R + D_R)(v - \tau + \sigma\tau) - 2n(H_P + D - D_R)\sigma\tau] < 0 \\ \rightarrow \frac{N(H_R + D_R)(v - \tau + \sigma\tau) - n(H_P + D - D_R)\sigma\tau}{Nn\bar{x}} > (v - \tau). \end{aligned}$$

Et enfin,

$$\frac{Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau) + n(H_P + D)\sigma\tau}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} < 0.$$

Dans le cadre du problème, on retiendra néanmoins la solution générale.

Annexe 2: Résolution en l'absence de contraintes sur les dépenses d'investissement

Dans le cadre de la résolution du modèle, on a émis l'hypothèse que les dépenses de l'opérateur en entretien et rénovation du réseau sont contraintes pour des raisons de capacité et de faiblesse institutionnelle, et ne permettent pas, en l'état actuel, de ramener la qualité du service à l'état d'équilibre. Afin de souligner la cohérence de cette hypothèse, on considère une spécification alternative du modèle dans laquelle les dépenses ne sont pas contraintes: plutôt que d'être déterminé de façon endogène par D_R , σ et les paramètres du modèle, D constitue la variable de décision de l'opérateur.

La première étape de la résolution demeure inchangée, et comme dans le cadre général, en procédant par induction à rebours on obtient la fonction de réponse optimale du second joueur:

$$D_R = \frac{Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau) + n(H_P + D)\sigma\tau}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau}. \quad (4)$$

Par ailleurs, le problème de l'opérateur peut à présent s'écrire:

$$\begin{aligned} \max_D W &= v \left[nF \left(\frac{H_R + D_R(B)}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D - D_R(B)}{N} \right) \right] - D \\ \text{s. t. } D &\leq (1 - \sigma)\tau \left[nF \left(\frac{H_R + D_R(B)}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D - D_R(B)}{N} \right) \right] \\ \rightarrow \max_D W &= [v - \tau(1 - \sigma)] \left[nF \left(\frac{H_R + D_R(B)}{n} \right) + NF \left(\frac{H_P + D - D_R(B)}{N} \right) \right]. \end{aligned}$$

Or, on a vu que:

$$F(x) = \frac{2x}{\bar{x}} - \left(\frac{x}{\bar{x}} \right)^2 = \frac{x(2\bar{x} - x)}{\bar{x}^2}.$$

Le problème s'écrit donc:

$$W = (v - \tau + \sigma\tau) \left\{ n \left[\frac{\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) \left[2\bar{x} - \left(\frac{H_R + D_R}{n}\right)\right]}{\bar{x}^2} \right] + N \left[\frac{\left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right) \left[2\bar{x} - \left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right)\right]}{\bar{x}^2} \right] \right\}$$

$$\rightarrow W = \frac{(v - \tau + \sigma\tau)}{\bar{x}^2} \left\{ \frac{(H_R + D_R)[2n\bar{x} - (H_R + D_R)]}{n} + \frac{(H_P + D - D_R)[2N\bar{x} - (H_P + D - D_R)]}{N} \right\}$$

$\rightarrow W =$

$$\frac{(v - \tau + \sigma\tau)}{\bar{x}^2} \left[\frac{2Nn\bar{x}(H_R + D_R) - N(H_R + D_R)^2 + 2Nn\bar{x}(H_P + D - D_R) - n(H_P + D - D_R)^2}{Nn} \right].$$

Et enfin,

$$W = \frac{(v - \tau + \sigma\tau)}{Nn\bar{x}^2} [2Nn\bar{x}(H_P + H_R + D) - N(H_R + D_R)^2 - n(H_P + D - D_R)^2].$$

On peut donc à présent substituer la fonction de réponse des habitants du quartier R (expression 4) dans le problème de maximisation de l'opérateur, puisque celui-ci anticipe les actions du second joueur. On obtient donc:

$$W = \frac{(v - \tau + \sigma\tau)}{Nn\bar{x}^2} \left[2Nn\bar{x}(H_P + H_R + D) - N \left(H_R + \frac{n(H_P + D)\sigma\tau + Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} \right)^2 - n \left(H_P + D - \frac{n(H_P + D)\sigma\tau + Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} \right)^2 \right]$$

$$\begin{aligned} \rightarrow W = & \frac{(v - \tau + \sigma\tau)}{Nn\bar{x}^2} \left[2Nn\bar{x}(H_P + H_R + D) \right. \\ & - N \left(\frac{n(H_P + H_R + D)\sigma\tau + Nn\bar{x}(v - \tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} \right)^2 \\ & \left. - n \left(\frac{N(H_P + H_R + D)(v - \tau + \sigma\tau) - Nn\bar{x}(v - \tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} \right)^2 \right]. \end{aligned}$$

La condition de premier ordre s'écrit:

$$\frac{\partial W}{\partial D} = 0$$

$$\begin{aligned} \rightarrow & \frac{(v - \tau + \sigma\tau)}{Nn\bar{x}^2} \left[2Nn\bar{x} \right. \\ & - 2N \left(\frac{n(H_P + H_R + D)\sigma\tau + Nn\bar{x}(v - \tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} \right) \left(\frac{n\sigma\tau}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} \right) \\ & \left. - 2n \left(\frac{N(H_P + H_R + D)(v - \tau + \sigma\tau) - Nn\bar{x}(v - \tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} \right) \left(\frac{N(v - \tau + \sigma\tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau} \right) \right] \\ & = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow & 2Nn \left[\bar{x} - \frac{[n(H_P + H_R + D)(\sigma\tau)^2 + Nn\bar{x}(v - \tau)\sigma\tau]}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2} \right. \\ & \left. - \frac{[N(H_P + H_R + D)(v - \tau + \sigma\tau)^2 - Nn\bar{x}(v - \tau)(v - \tau + \sigma\tau)]}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2} \right] \\ & = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow & \bar{x}[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2 - (H_P + H_R + D)[n(\sigma\tau)^2 + N(v - \tau + \sigma\tau)^2] \\ & + Nn\bar{x}(v - \tau)^2 = 0. \end{aligned}$$

Et enfin,

$$H_P + H_R + D = \bar{x} \frac{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2 + Nn(v - \tau)^2}{[n(\sigma\tau)^2 + N(v - \tau + \sigma\tau)^2]}$$

$$\rightarrow (H_P + H_R + D) = \bar{x} \frac{[(n\sigma\tau - N\tau) + (N\sigma\tau + N\nu)]^2 + Nn(v - \tau)^2}{n(\sigma\tau)^2 + N[(\sigma\tau - \tau) + (v)]^2}$$

En développant d'une part le dénominateur, et de l'autre le numérateur, on obtient:

$$(H_P + H_R + D) = \left[\frac{\bar{x}}{n(\sigma\tau)^2 + N(\sigma\tau)^2 - 2N\sigma\tau^2 + N\tau^2 + 2N\sigma\tau\nu - 2N\tau\nu + N\nu^2} \right] [(n\sigma\tau - N\tau)^2 + 2n\sigma\tau - N\tau N\sigma\tau + N\nu + N\sigma\tau + N\nu^2 + Nn\nu - \tau^2]$$

$$\rightarrow (H_P + H_R + D) = \left[\frac{\bar{x}}{n(\sigma\tau)^2 + N(\sigma\tau)^2 - 2N\sigma\tau^2 + N\tau^2 + 2N\sigma\tau\nu - 2N\tau\nu + N\nu^2} \right] [(n\sigma\tau)^2 - 2Nn\sigma\tau^2 + N\tau^2 + 2Nn\sigma\tau\nu - 2N^2\sigma\tau^2 - 2N^2\tau\nu + N\sigma\tau^2 + 2N^2\sigma\tau\nu + N\nu^2 + Nn\nu^2 + 2Nn\tau\nu + Nn\tau^2]$$

On factorise ensuite le numérateur par $(N + n)$,

$$(H_P + H_R + D) = \left[\frac{\bar{x}}{n(\sigma\tau)^2 + N(\sigma\tau)^2 - 2N\sigma\tau^2 + N\tau^2 + 2N\sigma\tau\nu - 2N\tau\nu + N\nu^2} \right] \{(N + n)[n(\sigma\tau)^2 + N\sigma\tau^2 - 2N\sigma\tau^2 + N\tau^2 + 2N\sigma\tau\nu - 2N\tau\nu + N\nu^2].\}$$

Et finalement,

$$(H_P + H_R + D) = \bar{x}(N + n). \quad (7)$$

En d'autres termes, lorsque ses dépenses ne sont pas contraintes, l'opérateur est en mesure de ramener l'investissement total per capita, historique et à venir, à un niveau suffisant pour compenser entièrement la faiblesse du cadre institutionnel. Ceci a des implications particulièrement importantes sur les résultats du modèle, comme on peut le constater à travers l'analyse de statique comparative.

À titre d'exemple, on a vu que

$$\frac{\partial D_R}{\partial \tau} = \frac{Nn\nu\sigma[H_R + H_P + D - \bar{x}(N + n)]}{[N(\nu - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2},$$

et de (7),

$$\frac{\partial D_R}{\partial \tau} = 0.$$

Et de même, on obtiendrait⁹:

$$\frac{\partial D_R}{\partial \sigma} = \frac{Nn(\nu - \tau)\tau[H_R + H_P + D - (N + n)\bar{x}]}{[N(\nu - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2} = 0.$$

Par conséquent, on observe qu'en l'absence de contraintes sur les dépenses disponibles, la tarification mise en place et l'intéressement des employés n'ont aucun impact sur le montant d'investissement détourné. Ceci implique que lorsque l'investissement est disponible en quantité illimitée, l'opérateur est en mesure d'investir à saturation pour ramener la qualité du service à l'état optimal, sans se soucier du montant d'investissement détourné (qui à la marge serait négligeable par rapport aux dépenses totales, puisque celles-ci tendent vers l'infini dans ce cas de figure).

Ainsi, bien que ce résultat offre des perspectives intéressantes, il semble malheureusement irréaliste étant donnée la situation actuelle à Port-au-Prince. Dans un souci de cohérence, on supposera donc que les dépenses actuellement disponibles sont en quantité insuffisante pour ramener instantanément la qualité du service à l'état optimal, ce qui justifie que $H_R + H_P + D - \bar{x}(N + n) < 0$.

⁹ À noter que si D constitue une variable de décision pour l'opérateur, il n'est plus déterminé par les autres éléments du modèle et n'est donc plus fonction de σ .

Annexe 3: Caractérisation des dépenses d'investissement et implications sur l'analyse du bien-être

En revenant à la spécification principale du modèle, où D est déterminé de façon endogène et ne constitue pas une variable de décision pour l'opérateur, il est possible de caractériser les dépenses disponibles à l'investissement de façon plus précise, ce qui permet d'introduire une méthodologie susceptible, dans le cadre de travaux de recherche futurs, d'apporter certains éléments de réponse quant à l'analyse du bien-être.

Ainsi, on a vu que la fonction de réponse optimale des habitants de R face à la décision de l'opérateur s'écrit:

$$D_R = \frac{Nn\bar{x}(v - \tau) - NH_R(v - \tau + \sigma\tau) + n(H_P + D)\sigma\tau}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau}. \quad (4)$$

Or, on sait que D_R dépend linéairement de D , et c'est donc aussi le cas pour $D_P = D - D_R$. Ceci nous permet de ré-exprimer les investissements totaux dans chaque quartier comme:

$$\frac{H_R + D_R}{n} = x_R = a_R + b_R D$$

et

$$\frac{H_P + D - D_R}{N} = x_P = a_P + b_P D,$$

avec $b_i > 0$, et où a_i et b_i sont donnés par la fonction de réponse optimale du second joueur, D_R ($i = R, P$). De plus, de l'expression (3), on sait que D est déterminé par la contrainte budgétaire de l'opérateur tel que:

$$D = (1 - \sigma)\rho$$

$$\rightarrow D = (1 - \sigma)\tau \left[nF\left(\frac{H_R + D_R}{n}\right) + NF\left(\frac{H_P + D - D_R}{N}\right) \right],$$

et les dépenses totales disponibles correspondent donc de fait aux revenus nets de l'opérateur (après versement de l'intéressement des employés).

En substituant $F(x) = \frac{x(2\bar{x}-x)}{\bar{x}}$, il est possible de récrire la contrainte budgétaire de la façon suivante:

$$\frac{D\bar{x}^2}{(1-\sigma)\tau} = n[2\bar{x}(a_R + b_R D) - (a_R + b_R D)] + N[2\bar{x}(a_P + b_P D) - (a_P + b_P D)]$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \frac{D\bar{x}^2}{(1-\sigma)\tau} &= 2n\bar{x}a_R + 2n\bar{x}b_R D - na_R - 2na_R b_R D - nb_R D + 2N\bar{x}a_P \\ &\quad + 2N\bar{x}b_P D - Na_P - 2Na_P b_P D - Nb_P D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow 0 &= -D [nb_R Nb_P] + D \left[-\frac{\bar{x}^2}{(1-\sigma)\tau} + 2nb_R(\bar{x} - a_R) + 2Nb_P(\bar{x} - a_P) \right] \\ &\quad + n[2\bar{x} - a_R]a_R + N[2\bar{x} - a_P]a_P \end{aligned}$$

Enfin, D est donc la solution du polynôme de 2nd degré:

$$\begin{aligned} Z &= D [nb_R^2 + Nb_P^2] + D \left[\frac{\bar{x}^2}{(1-\sigma)\tau} + 2nb_R(a_R - \bar{x}) + 2Nb_P(a_P - \bar{x}) \right] \\ &\quad - n[2\bar{x} - a_R]a_R - N[2\bar{x} - a_P]a_P = 0. \end{aligned}$$

Et l'expression ci-dessus offre donc une spécification de D tenant compte de la réponse optimale du second joueur, D_R , et dépendant directement de la variable de décision du premier joueur, σ .

De plus, de (4), on peut exprimer:

$$\begin{aligned} a_R + b_R \cdot D &= \frac{H_R + D_R}{n} \\ &= \left(\frac{1}{n}\right) \frac{H_R[N(v-\tau) + (N+n)\sigma\tau] + Nn\bar{x}(v-\tau) - NH_R(v-\tau+\sigma\tau) + n(H_P + D)\sigma\tau}{N(v-\tau) + (N+n)\sigma\tau} \\ &= \frac{(H_P + H_R + D)\sigma\tau + N\bar{x}(v-\tau)}{N(v-\tau) + (N+n)\sigma\tau}. \end{aligned}$$

Et de même,

$$a_P + b_P \cdot D = \frac{(H_P + H_R + D)(v - \tau + \sigma\tau) - n\bar{x}(v - \tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau}.$$

Ceci implique finalement :

$$a_R = \frac{(H_P + H_R)\sigma\tau + N\bar{x}(v - \tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau}, b_R = \frac{\sigma\tau}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau},$$

et,

$$a_P = \frac{(H_P + H_R)(v - \tau + \sigma\tau) - n\bar{x}(v - \tau)}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau}, b_P = \frac{v - \tau + \sigma\tau}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau}.$$

Il est également possible de poursuivre plus loin l'analyse du bien-être en utilisant cette expression afin d'explicitier $\frac{\partial D}{\partial \sigma}$. Ainsi, on pose:

$$g(\sigma) = nb_R^2 + Nb_P^2 = \frac{N(v - \tau + \sigma\tau)^2 + n(\sigma\tau)^2}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^2},$$

$$\begin{aligned} h(\sigma) &= \frac{\bar{x}^2}{(1 - \sigma)\tau} + 2nb_R(a_R - \bar{x}) + 2Nb_P(a_P - \bar{x}) \\ &= \frac{\bar{x}^2}{(1 - \sigma)\tau} \\ &\quad + \frac{2[N(v - \tau + \sigma\tau)^2 + n(\sigma\tau)^2][(H_P + H_R) - (N + n)\bar{x}]}{N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau}, \end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned} i(\sigma) &= n(2\bar{x} - a_R)a_R + N(2\bar{x} - a_P)a_P = \\ &= \frac{\bar{x}(H_P + H_R)\{2n\sigma\tau^2 + Nn(v - \tau + 2\sigma\tau)^2 + 2N^2(v - \tau + \sigma\tau)^2\} + Nn(v - \tau^2)[(H_P + H_R) - (N + n)\bar{x}] - (H_P + H_R)[N(v - \tau + \sigma\tau)^2 + n(\sigma\tau)^2]}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]}. \end{aligned}$$

On peut donc ré-exprimer D comme la solution de:

$$Z = D g(\sigma) + Dh(\sigma) + i(\sigma) = 0.$$

Ceci implique que,

$$\begin{aligned}\frac{\partial Z}{\partial \sigma} &= 2D \frac{\partial D}{\partial \sigma} g(\sigma) + D^2 g(\sigma) + \frac{\partial D}{\partial \sigma} h(\sigma) + Dh'(\sigma) + i'(\sigma) \\ \rightarrow \frac{\partial D}{\partial \sigma} &= - \frac{[D^2 g(\sigma) + Dh'(\sigma) + i'(\sigma)]}{2Dg(\sigma) + h(\sigma)}.\end{aligned}$$

Or, on a:

$$g(\sigma) = - \frac{2Nn\tau(v - \tau)}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]},$$

$$h'(\sigma) = \frac{\bar{x}^2}{(1-\sigma)^2\tau} + \frac{2\tau[(H_P+H_R)-(N+n)\bar{x}]\{2[N(v-\tau)+(N+n)\sigma\tau]^2-(N+n)[N(v-\tau+\sigma\tau)^2+n(\sigma\tau)^2]\}}{[N(v-\tau)+(N+n)\sigma\tau]^2}$$

et enfin,

$$i'(\sigma) = \frac{2Nn\tau(v - \tau)^2[(H_P + H_R) - (N + n)][(H_P + H_R) - (N + n)\bar{x}]}{[N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]}.$$

Par conséquent, on obtient:

$$\begin{aligned}\frac{\partial D}{\partial \sigma} &= \left\{ 2Nn(1 - \sigma)^2\tau^2(v - \tau)^2[D^2 - [(H_P + H_R) - (N + n)][(H_P + H_R) - (N + n)x - D] \right. \\ &\quad \left. - 2Nv - \tau + (N + n)\sigma\tau \right\} - 21 - \sigma 2\tau^2 DHP + HR - (N + n)x 2Nv - \tau + (N + n)\sigma\tau 2 - (\\ &\quad N + n)Nv - \tau + \sigma\tau^2 + n\sigma\tau 2 / 1 - \sigma Nv - \tau + (N + n)\sigma\tau 21 - \sigma\tau DNv - \tau + \sigma\tau^2 + n\sigma\tau 2 + xNv - \tau \\ &\quad + (N + n)\sigma\tau^2 + 21 - \sigma\tau Nv - \tau + \sigma\tau^2 + n\sigma\tau 2HP + HR - (N + n)xNv - \tau + (N + n)\sigma\tau\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rightarrow \frac{\partial D}{\partial \sigma} &= \left\{ 2(1 - \sigma)^2\tau^2 \left\{ Nn(v - \tau)^2 D^2 - [(H_P + H_R) - (N + n)\bar{x}] \left[Nn(v - \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left. \tau)^2 [(H_P + H_R) - (N + n)] - D[2(N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau)^2 - (N + n)(N(v - \tau + \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left. \sigma\tau)^2 + n(\sigma\tau)^2] \right] \right\} - D\bar{x}^2 [N(v - \tau) + (N + n)\sigma\tau]^3 \right\} / \left\{ (1 - \sigma)[N(v - \tau) + (N + \right.\end{aligned}$$

$$n)\sigma\tau\{2(1-\sigma)\tau[N(v-\tau+\sigma\tau)^2+n(\sigma\tau)^2][D+[(H_P+H_R)-(N+n)\bar{x}][N(v-\tau)+(N+n)\sigma\tau]]+\bar{x}[N(v-\tau)+(N+n)\sigma\tau]\}.$$

En égalisant cette dernière expression avec l'expression (6), on obtient l'équation caractérisant le σ optimal en fonction des paramètres du modèle. Néanmoins, étant donnée la nature peu intuitive de l'expression obtenue, cette dernière n'apporte que peu au modèle en termes d'interprétation. Cependant, cette approche pourrait offrir une analyse plus poussée du bien-être, ce qui demeure une perspective de recherche intéressante pour des travaux futurs.

