



Institut du développement durable et des relations internationales – Adresse postale : 27, rue Saint-Guillaume – 75337 Paris Cedex 07 – France – Tél. : 01 45 49 76 60 – iddri@iddri.org – www.iddri.org

idées
POUR LE DÉBAT

N° 05/2008 | ENTREPRISES ET BIENS PUBLICS

Bricolage ou innovation ?

Étude de systèmes alternatifs

d'approvisionnement en eau dans les quartiers périphériques de Delhi

Augustin Maria (CERNA, École des mines)

Cet article est un document de travail, qui fait suite à une thèse ayant bénéficié du soutien financier et scientifique de la Fondation de l'Iddri. Ce texte

n'engage que son auteur. En mettant ce document en ligne sur son site, l'Iddri a pour objectif de diffuser des travaux qu'il juge intéressants pour

alimenter le débat. Pour toute question, merci de contacter l'auteur : maria@ensmp.fr

Tous droits réservés.

Table des matières

Table des matières.....	2
Introduction	4
Les systèmes compensatoires : d'un indice de consentement à payer à des modèles techniques et institutionnels adaptés	5
La situation à Delhi : accès au service public et dépenses compensatoires.....	7
L'approvisionnement en eau par le Delhi Jal Board.....	7
Dépenses compensatoires	9
Enquête auprès des ménages connectés.....	9
Enquête sur l'ensemble des ménages.....	9
Enquête dans les bidonvilles (JJ clusters)	10
Enquêtes dans les quartiers informels (unauthorised colonies)	12
Le cas de Dwarka	13
Choix du site et méthodologie	13
Description des enquêtes	16
Analyse de la situation de Dwarka du point de vue de l'approvisionnement en eau	17
Approvisionnement en eau par le réseau public.....	17
Accès aux ressources souterraines.....	18
Réactions des résidents face à l'insuffisance de l'approvisionnement en eau par le réseau public.	19
Les différentes réactions des résidents des deux types de logements étudiés : le fait de déterminants sociaux et techniques.....	19
Schéma général.....	20
Description des systèmes observés.....	21
CGHS 1.....	21
CGHS 2.....	22
CGHS 3.....	22
CGHS 4.....	23
CGHS 5.....	24
CGHS 6.....	24
CGHS 7.....	25
Analyse économique des systèmes.	26
Quel avenir pour ces systèmes?	27
Les systèmes sont-ils chers?	28
Les systèmes peuvent-ils être soutenables?	28
Conclusion	31
Bibliographie.....	32

Introduction

À Delhi comme dans de nombreuses villes en développement, le réseau d'approvisionnement en eau ne dessert qu'une partie de la population et le mode d'approvisionnement intermittent fait que même les populations connectées ne reçoivent pas un service satisfaisant. Dans ces conditions, de nombreux dispositifs techniques et institutionnels sont mis en place de manière plus ou moins organisée afin de faire face aux insuffisances du service public d'approvisionnement en eau. Ces dispositifs, que l'on désignera ici par le terme de systèmes compensatoires, sont en général considérés comme un symptôme temporaire de la mauvaise gestion du réseau collectif d'approvisionnement en eau. Des divergences existent quant aux remèdes institutionnels à apporter, mais tous s'accordent sur l'hypothèse qu'à terme, à Delhi comme dans les autres villes en développement, les résidents recevront un service d'approvisionnement en eau et en assainissement reposant sur un système technique similaire à ceux qui assurent la fourniture de ces services dans les villes des pays industrialisés : un réseau unique d'approvisionnement en eau potable qui satisfait l'ensemble des usages, et un réseau d'évacuation qui collecte les eaux usées urbaines pour les acheminer jusqu'à une station d'épuration où elles seront traitées avant d'être rejetées dans l'environnement.

Les coûts en termes d'infrastructure, de consommation énergétique, et d'impact environnemental qui sont liés à cette architecture centralisée du système d'approvisionnement en eau et d'assainissement ont conduit à sa mise en cause du point de vue technique. Selon certains ingénieurs, on pourrait ainsi concevoir des systèmes plus durables reposant entre autre sur le traitement différencié des flux et la réutilisation locale. Des systèmes alternatifs de ce type commencent à être mis en place dans les pays industrialisés, en particulier dans le cadre d'éco-quartiers. Dans le cas des villes en développement, ces expériences sont cependant considérées comme trop coûteuses ou pas assez fiables pour faire face au défi que représente l'extension des services d'eau et d'assainissement aux populations urbaines non desservies.

Cet article propose d'aborder la question différemment à partir d'une analyse technique et économique des systèmes compensatoires d'approvisionnement en eau qui sont mis en place par les résidents de logements collectifs dans un quartier en cours de développement à la périphérie de Delhi : Dwarka. Ces logements fournissent un bon exemple de l'urbanisation ayant lieu actuellement à la périphérie des villes indiennes. Dans des quartiers comme Dwarka, des logements sont construits pour des ménages des classes moyennes et supérieures qui attendent un service de qualité, que le réseau d'approvisionnement collectif n'est pas en mesure de leur fournir. Dans cette situation, et quand les conditions hydrogéologiques le permettent, l'usage conjoint de l'eau souterraine et de l'eau du réseau est rendu possible par une diversité de dispositifs techniques qui permettent aux ménages d'avoir accès au niveau de service qu'ils désirent.

Si l'existence de ces systèmes est connue, leurs caractéristiques techniques et économiques n'ont jamais donné lieu à une étude détaillée. Ces systèmes sont réputés chers et non soutenables compte tenu de l'épuisement des nappes à laquelle leur exploitation conduit.

Cette étude souligne ainsi que le coût de ces systèmes n'est pas si élevé qu'il n'y paraît. Par ailleurs leur architecture technique présente des similarités avec les systèmes proposés par les ingénieurs se posant la question de la durabilité des systèmes de gestion urbaine de l'eau.

Ainsi, pour répondre aux questions sur l'architecture générale du système technique qui assurera à terme la fourniture des services d'approvisionnement en eau et d'assainissement aux habitants de Delhi peut être faut il s'interroger sur le rôle des dispositifs décrits dans cette étude, qui sont actuellement considéré comme temporaires mais qui peuvent constituer les

germes d'une trajectoire technologique radicalement différente de celles connues par les villes de pays industrialisés.

Les systèmes compensatoires : d'un indice de consentement à payer à des modèles techniques et institutionnels adaptés

Dans la quasi totalité des villes Indiennes comme dans beaucoup d'autres villes en développement, le faible niveau de service fourni par le réseau d'approvisionnement collectif conduit les différents usagers urbains à mettre en place des systèmes compensatoires afin d'améliorer leur accès à l'eau.

La recherche sur les dispositifs mis en place par des acteurs privés pour compléter ou se substituer aux réseaux publics de fourniture de services urbains a été initiée par la Banque Mondiale à la fin des années 1980. Lee & Anas (1989) utilisent les résultats d'une enquête auprès de 179 industries manufacturières au Nigeria. L'étude porte sur les investissements des entreprises dans des équipements privés en réponse aux déficiences des infrastructures publiques de fourniture d'électricité, d'eau et de communication. Les auteurs observent que la plupart des entreprises de plus de 100 employés sont équipées de leur propre forage, le coût d'équipement dans ces installations représentant en moyenne 2 % de la valeur totale des équipements des entreprises. Whittington et. al. (1989) élargit l'étude aux autres catégories d'usagers urbains en analysant les filières privées de distribution d'eau aux ménages d'Onitsha, une ville moyenne du Nigeria. La filière privée identifiée par Whittington repose sur 275 camions citernes qui s'approvisionnent auprès d'une vingtaine de puits privés et vendent l'eau à des clients domestiques ou industriels équipés de structures de stockage. Les auteurs indiquent que cette eau est souvent revendue en partie à des utilisateurs locaux ne pouvant investir dans des structures de stockage ou ne pouvant être livrés par les camions citernes. La Banque Mondiale a lancé trois études similaires en 1991 dans les villes de Jamshedpur en Inde (Sethi, 1992), à Istanbul en Turquie et à Faisalabad au Pakistan (Humplick et al. 1992). En Inde, des études analogues ont été menées au cours des années 90 dans les villes de Baroda (Vaidya, 1994), Dehra Dun (Choe et al., 1996), et Delhi (Zerah, 2000).

Ces diverses études ont révélé la diversité des modes d'approvisionnement, tels que les forages privés ou les vendeurs d'eau auxquels les populations ont recours en complément ou en substitution à l'approvisionnement par le réseau public.

Les conclusions normatives tirées initialement de ces études ont été influencées par le contexte intellectuel des années 1990, dominé par les recommandations macroéconomiques regroupées au sein du consensus de Washington (Williamson, 1990). Ainsi, dans un premier temps, ces différentes études ont principalement été exploitées pour mettre en évidence un "consentement à payer". Ce "consentement à payer", qui correspond aux coûts des systèmes compensatoires, était alors utilisé pour appuyer une série de recommandations incluant la privatisation des services publics et la récupération des coûts. De la comparaison des coûts unitaires¹ des différents dispositifs compensatoires aux tarifs pratiqués par les services publics, a été tirée la conclusion - répandue - que dans de nombreuses villes développement, les "pauvres" non connectés au réseau public payaient moins que les plus "riches", bénéficiant quant à eux d'un accès au réseau public qui pratique des tarifs subventionnés.

Mais comme le remarquent Whittington & Hanemann (2006), si l'on compare, non pas les coûts où les tarifs unitaires, mais les coûts totaux – mensuels ou annuels – pour un ménage

¹ Coûts ou tarifs exprimés par exemple en \$/m³.

donné, il apparaît qu'aucune des estimations existantes ne permet de conclure que les dispositifs compensatoires ont un coût total supérieur à celui du système collectif.²

Cette ré-évaluation technico-économique des dispositifs compensatoires fait écho à une évolution similaire dans la façon d'appréhender le rôle des petits opérateurs privés qui fournissent des services d'approvisionnement en eau dans de nombreuses villes en développement.

Kariuki & Schwartz (2005), dans une revue réalisée pour la Banque Mondiale sur le rôle et la performance du secteur privé local dans la fourniture d'eau et d'électricité offre une bonne description de cette évolution.

"Les petits opérateurs du secteur privé n'ont que récemment été acceptés comme alternative viable pour développer et gérer des systèmes d'approvisionnement en eau ou en électricité à petite échelle. Beaucoup de gouvernements et de bailleurs de fonds considèrent les dispositifs appuyés sur des organisations de la société civile comme plus appropriés à la poursuite des objectifs sociaux qu'ils se sont fixés, en particulier dans les zones où des agences monopolistiques sont responsables de la fourniture du service. Par conséquent, les petits opérateurs du secteur privé sont souvent perçus comme "temporaires" – bien que beaucoup soient en activité depuis plus de 20 ans – ou pratiquant des tarifs abusifs – en tirant profit du manque de fiabilité du service public pour exploiter leurs clients – tout en fournissant un service qui ne respecte les standards techniques." (Kariuki & Schwartz, 2005)

Les auteurs estiment qu'un quart de la population urbaine en Amérique Latine, et environ la moitié de la population des villes africaines sont desservies par des petits opérateurs privés.

Diverses études se sont penchées sur le rôle de petits opérateurs privés présents dans de nombreuses villes en développement, en Afrique (Collignon & Vezina, 2000), en Asie (Conan, 2004), et en Amérique Latine (Solo, 2003). Ces études décrivent essentiellement des filières de desserte des populations non connectées au réseau collectif, cette desserte se faisant au moyen de dispositifs techniques peu sophistiqués comme des charrettes, des camions citernes ou des mini-réseaux d'approvisionnement. Elles mettent en évidence le fait que les modèles financiers et techniques mis en place par les petits opérateurs du secteur privé local sont adaptés aux contextes particuliers des quartiers où ils évoluent, et que les conditions financières d'accès à ces services peuvent s'avérer plus avantageuses pour les ménages défavorisés que ne le serait un accès au service collectif municipal, en particulier dans le cas d'un modèle basé sur la récupération des coûts totaux (*full cost recovery*)³.

Ainsi, ces études conduisent à revenir sur les conclusions qui étaient tirées au début des années 90 des études sur les dispositifs techniques et institutionnels mis en place dans les villes en développement pour faire face aux insuffisances du service public en réseau. Ces conclusions peuvent être résumées par l'affirmation que "les pauvres non connectés au réseau payaient plus que les riches". Ces résidents non connectés seraient par conséquent disposés à payer pour l'extension du service en réseau, y compris dans le cadre d'un contrat de concession à un opérateur privé pratiquant la récupération totale des coûts. Mais un approfondissement de ces études permet aujourd'hui de comprendre pourquoi l'adhésion de ces populations aux réformes proposées n'a pas correspondu à ce qui était attendu.

Les dispositifs qui sont mis en place par les usagers eux-mêmes ou des petits opérateurs privés offrent effectivement un niveau de service inférieur à celui que fournirait un réseau public bien géré et ramenés aux volumes fournis, les coûts peuvent paraître élevés. Mais en terme d'investissement initial et de facture mensuelle, ces dispositifs permettent en fin de compte à des ménages modestes d'accéder à un approvisionnement en eau qui répond à leurs

² Whittington & Hanemann (2006), p. 18

³ Dans le modèle de financement des services d'eau et d'assainissement par récupération des coûts totaux, l'ensemble des coûts du service, y compris les coûts d'investissement initial dans les réseaux, sont supportés par les utilisateurs qui retrouvent l'ensemble ces coûts dans leur facture.

besoins pour un coût total inférieur à ceux qui leur seraient demandé s'ils devaient payer l'ensemble des coûts de leur desserte par les réseaux municipaux. Par ailleurs, ces dispositifs offrent généralement une flexibilité bienvenue à des ménages précaires pour lesquels le paiement régulier de la part fixe d'une facture d'eau peut représenter une gageure.

Pour ces raisons, l'hypothèse selon laquelle ces dispositifs sont appelés naturellement à disparaître avec l'extension progressive du réseau public peut être contestée. La thèse qui est défendue ici est que dans certains cas comme celui de Delhi, certains dispositifs compensatoires sont au contraire appelés à se maintenir et pourraient représenter les germes d'une trajectoire technologique différente de celles suivies par les villes de premiers pays industrialisés.

La situation à Delhi : accès au service public et dépenses compensatoires

L'approvisionnement en eau par le Delhi Jal Board.

Les données du dernier recensement (*Census of India, 2001*) offrent une vue d'ensemble de l'accès aux services d'eau et d'assainissement à Delhi. Ces données concernent l'ensemble du territoire de l'État de Delhi qui comptait environ 2.5 millions de foyers dont environ 170 000, soit un peu moins de 7 % du total, étaient considérés comme ruraux.

On observe qu'environ trois ménages sur quatre (74.9 %) bénéficient d'une source d'approvisionnement en eau au sein de leur domicile (voir le tableau 1).

Tableau 1. Emplacement de la source principale « d'eau de boisson »

Emplacement de la source d'eau de boisson	Nombre de foyers	Pourcentage du total
Domicile	1,912,467	74.9
À proximité du domicile	463,024	18.1
À distance du domicile	178,658	7.0
Nombre total de foyers	2,554,149	100

Source: Census of India, 2001

Environ la même proportion de foyers (75.3 %) déclare avoir recours à un accès privé ou public à un réseau d'approvisionnement en eau pour leur approvisionnement en eau potable (voir le tableau 2).

Tableau 2. Type de source d'accès à l'eau

Source d'eau de boisson	Nombre de foyers	Pourcentage du total
Robinet	1,924,149	75.3
Pompe manuelle	476,999	18.7
Forage équipé d'une pompe électrique	82,519	3.2
Plan d'eau (réservoir, lac)	17,409	0.7
Autre	53,073	2.1
Nombre total de foyers	2,554,149	

Source: Census of India, 2001

Le réseau opéré par la régie des eaux de Delhi, le Delhi Jal Board (DJB) dessert environ 133 000 connections domestiques, auxquelles il faut ajouter les connections des zones de New Delhi et du Cantonment pour lesquelles la distribution finale ne dépend pas du DJB, ainsi que les 63 000 connections commerciales, institutionnelles ou industrielles.

Le Delhi Jal Board gère également une flotte importante de camions citernes utilisés pour répondre aux besoins des populations mal desservies par le réseau, ainsi que pour répondre à des situations de crise. Le tableau 3 donne les estimations de la répartition entre ces différents modes d'approvisionnement des volumes d'eau traitée, distribués par le DJB.

Tableau 3. Approvisionnement en eau assuré par le DJB

Type d'approvisionnement	Remarques	Volume (ML/j)
Connexions Domestiques	1 331 820 connections	1124
Connexions Commerciales ou Institutionnelles	52 623 connections	34
Connexions Industrielles	10 876 connections	13
Fourniture en gros au Delhi Cantonment Board et à la New Delhi Municipal Corporation (collectivités locales indépendantes à l'intérieur du territoire de Delhi.		158
Bornes Fontaines	11 533 bornes	221
Camions citernes	493 véhicules	10

Source: Estimations - PWC, GHV, TCE (2004) "Project preparation study – Delhi Water Supply and Sewerage Project". Report prepared for the Delhi Jal Board.

Malgré l'existence de ces différentes filières de distribution, le niveau de satisfaction des différentes couches de la population est faible. Les populations connectées au réseau d'approvisionnement public souffrent notamment du manque de régularité de l'approvisionnement, résultant de l'actuel mode de régulation technique du réseau basé sur une distribution intermittente. À Delhi comme dans les autres villes indiennes, les réseaux d'approvisionnement ont en effet été développés pour desservir les usagers de manière intermittente. Ce mode de conception des réseaux est une particularité indienne qui pose plusieurs problèmes et constitue un héritage tant technologique qu'institutionnel. Un projet de réforme a été préparé pour changer de mode de distribution et assurer la distribution de l'eau en continu. Ce projet devait débiter en 2006 sous la forme de deux contrats de gestion de cinq ans signés avec des entreprises privées internationales, afin de permettre la rénovation des réseaux et l'expérimentation de la distribution en continu dans deux zones du sud de Delhi. Le projet devait aboutir en 2012 à la généralisation de la distribution en continu à l'ensemble du territoire sous la responsabilité du Delhi Jal Board. Mais ce projet a été abandonné à la fin de l'année 2005 suite à un mouvement d'opposition de la part de la société civile (Badhuri & Kejriwal, 2005). Plus de deux ans après l'abandon de ce projet, le Delhi Jal Board ne proposait toujours aucune solution alternative pour relancer la réforme de la distribution. Dans ces conditions, on peut donc conclure que la situation actuelle qui conduit les particuliers à investir dans des systèmes compensatoires va perdurer, au moins dans certaines parties de Delhi, jusqu'en 2015. La section suivante présente les principaux résultats des études réalisées à Delhi sur ces systèmes.

Dépenses compensatoires

Enquête auprès des ménages connectés

Zerah (2000) a étudié les stratégies mises en place par les ménages raccordés légalement au réseau pour faire face au manque de fiabilité de l'approvisionnement. À partir d'une enquête menée en 1997 auprès de 708 ménages (600 branchements) répartis dans quatre zones (Lajpat Nagar Civil Lines, West I, Shahdara II), elle met en évidence le recours de ces ménages à plusieurs catégories de stratégies compensatoires répondant directement au manque de fiabilité de l'approvisionnement en réseau dont ils bénéficient. Le tableau 4 présente la typologie et la fréquence de ces stratégies compensatoires.

Tableau 4. Typologie et fréquence des stratégies compensatoires (Zerah, 2000)

Type de stratégie compensatoire	Nombre de foyers	Pourcentage du Total
Stockage d'eau du réseau public		
1. Réservoirs mobiles (seaux, bouteilles, etc...)	428	63,1%
2. Réservoirs fixes (au niveau du sol ou du toit)	297	43,8%
(a) équipés de pompes (électriques)	114	16,8%
(b) non équipés de pompes électriques	183	27,0%
Recours à l'eau souterraine		
3. Pompes manuelles	87	12,8%
4. Forages équipés de pompes électriques	112	16,5%
Adaptation		
5. Recyclage	36	5,3%
6. Décalage des activités	200	29,5%
Collecte d'eau à l'extérieur		
7. Quotidiennement	41	6,0%
8. Fréquemment	32	4,7%
9. Rarement	262	38,6%
Stratégies qualitatives		
10. Traitement de l'eau	181	26,7%
11. Plaintes	81	11,9%
Sortie		
12. Changement de résidence	10	1,5%

Cette enquête met en évidence le montant global des dépenses des ménages connectés dans les différents types de stratégies compensatoires. Zerah souligne en effet que pour un montant annuel moyen de la facture de 336 Rs⁴, le coût annuel moyen du manque de fiabilité dans la quantité et la qualité de l'approvisionnement s'élève à environ 2 000 Rs. par ménage, ce qui représente un coût total de 3 milliards de Rs. pour l'ensemble des ménages connectés en 1997.

Enquête sur l'ensemble des ménages

Une étude similaire à l'enquête de Zerah a été menée par Dutta et. al. (2005), en partant d'une enquête réalisée en 2002 sur la base d'un échantillon incluant également les ménages non connectés au réseau.

⁴ Abréviation pour Roupies

Sur un échantillon de ménages sélectionnés dans les quartiers défavorisés de Delhi, Dutta arrive à un coût annuel moyen de 3 112 Rs. Le tableau 5 montre le détail des fréquences et des coûts.

Tableau 5. Stratégies compensatoires des ménages (Dutta, 2005)

Stratégies compensatoires	Pourcentage des ménages y ayant recours	Coût d'investissement annualisé	Coûts récurrents
Réservoirs mobiles	88.23	180	25
Réservoirs fixes	51.47	-	50
Achat d'eau livrée par camions citernes	4.9	-	200
Usage de pompes manuelles publiques	17.15	-	-
Usage de bornes fontaines	14.7	-	-
Achat d'eau en bouteille	3.26	-	-
Usage de filtres céramique	16.99	141.5	200
Usage de filtres UV	12.25	1061	400
Usage de filtres RO	0.32	2743	1500
Ebullition	12.74	-	532
Usage de pompes de succion	53.1	813.5	1015
Usage de forages électriques	27.77	976	533
Maladies hydriques	19.6	-	704
Total			3112

L'enquête souligne également que les dépenses de compensation augmentent avec le standing du quartier, standing mesuré par les catégorisations utilisées pour la collecte de la taxe foncière. Ainsi, les dépenses annuelles moyennes dans les quartiers les plus modestes sont de 2 525 Rs. alors qu'elles sont de 6 000 Rs. dans les quartiers les plus aisés. (Dutta & Tiwari, 2005).

Ce résultat amène à dépasser le constat usuel affirmant que « les pauvres payent plus car ils ne sont pas connectés au réseau ». En réalité, les plus riches payent également des sommes conséquentes pour améliorer le service qu'ils reçoivent du Delhi Jal Board.

Enquête dans les bidonvilles (JJ clusters)

Tovey (2002) a étudié les conditions de développement de mini réseaux de distribution dans certains bidonvilles de Delhi, et a conduit dans ce cadre une enquête quantitative dans trois bidonvilles (*JJ clusters*) entre septembre 1999 et 2000.

Le tableau 6 présente les résultats de l'enquête concernant les sources utilisées par les ménages dans ces trois quartiers, dont les noms ont été remplacés par des codes (BH, SSN, SC) compte tenu du statut illégal de ces quartiers, et du caractère illégal de certaines pratiques recensées dans cette enquête, comme les branchements clandestins au réseau du DJB.

Les quartiers couverts par cette enquête ne bénéficiant pas d'un statut foncier légal, les sources officielles d'approvisionnement en eau sont collectives, sous la forme de bornes fontaines reliées au réseau public ou à des forages installés par le Delhi Jal Board, de pompes manuelles ou d'approvisionnement par camion citerne.

Tableau 6. Stratégies d'approvisionnement en eau dans des quartiers illégaux de Delhi (Tovey, 2002)

Source la plus fréquemment utilisée	Première source			Seconde source			Troisième Source		
	BH	SSN	SC	BH	SSN	SC	BH	SSN	SC
Sources opérées par le DJB	21%	40%	35%	29%	12%	28%	2%	0%	8%
Borne fontaine	-	40%	-	-	9%	-	-	-	-
Pompes manuelle	18%	-	6%	19%	-	12%	1%	-	-
Forage électrique	3%	-	2%	6%	-	1%	-	-	-
Camions citernes	-	-	27%	4%	3%	15%	1%	-	-
Sources informelles	79%	60%	65%	12%	81%	52%	5%	27%	38%
Robinet à l'intérieur du domicile	10%	9%	5%	-	3%	-	-	-	1%
Robinet à l'intérieur de la propriété	-	5%	-	-	1%	1%	-	-	-
Gali Tap	67%	44%	-	1%	1%	1%	1%	-	-
Sulabh	-	-	1%	4%	-	10%	1%	-	5%
Conduites DJB (trou direct)	-	-	22%	-	-	7%	-	-	1%
Source privée extérieure	1%	-	1%	-	34%	14%	-	6%	10%
Usine	-	2%	2%	-	21%	1%	1%	7%	4%
Revente privée	-	-	34%	2%	20%	28%	1%	13%	17%
Source publique extérieure	1%	-	-	5%	1%	0.75%	1%	1%	-
Pompes manuelles	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pas d'autre source	-	-	-	59%	7%	20%	93%	73%	54%

Source : Tovey (2002) p. 122

Ce tableau illustre la diversité des modes d'approvisionnement utilisés par les ménages en fonction des conditions locales. On observe en effet qu'entre 41 % (BH) et 93 % (SSN) des ménages ont recours à plus d'un mode d'approvisionnement. Par ailleurs l'importance des divers modes d'approvisionnement diffère significativement entre les trois bidonvilles étudiés. Cette diversité se retrouve à l'intérieur même des bidonvilles, où les stratégies d'approvisionnement varient d'une rue à l'autre.

Le résultat le plus original de ces enquêtes est la mise en évidence de l'existence au sein de ces bidonvilles de mini-réseaux d'approvisionnement appelés *gali taps*. On observe en effet que ce mode d'approvisionnement représente la solution privilégiée pour respectivement 67 % et 44 % des résidents de deux des trois bidonvilles étudiés. Tovey définit ces *gali taps* comme des dispositifs informels d'approvisionnement en eau installés collectivement par les résidents d'un bidonville en perforant directement une conduite de distribution du réseau municipal puis en déployant des tuyaux dans les rues du bidonville. Le développement de ces *gali taps* apparaît relativement récent puisque dans ces trois bidonvilles, qui se sont développés entre 1978 et 1979⁵, l'essentiel de la mise en place des conduites a eu lieu à partir du milieu des années 90.

Ces réseaux étudiés par Tovey ont servi de modèle aux recommandations faites dans le cadre du projet de réforme concernant l'extension du service aux populations pauvres.

⁵ Tovey, 2002. p. 100

L'hypothèse de coût retenue pour la généralisation de l'accès des populations des bidonvilles de Delhi sous la forme de réseaux simplifiés en acier galvanisé, similaires au *gali taps* observé par Tovey au cours de son enquête, était de 700 000 Rs./ha.

Pour des densités de population de 5 000 personnes par hectare, et des foyers de 5 personnes, cela revient environ à un coût d'installation des réseaux de 700 Rs./ foyer, un ordre de grandeur que l'on retrouve dans des mini-réseaux observés dans un autre type de quartier : les quartiers informels (*unauthorised colonies*).

Enquêtes dans les quartiers informels (*unauthorised colonies*)

Ragupathi (2003) a en effet conduit pour la Banque Asiatique de Développement une enquête sur les opérateurs privés du secteur informel fournissant des services d'approvisionnement en eau à Delhi.

Tableau 7. Typologie des filières privées d'approvisionnement en eau à Delhi.

Mode d'approvisionnement	Source d'eau	Consommation moyenne par foyer	Tarifs
1. Camions citernes	Forages privés	500 L/jour	Rs. 100 / m ³
2. Mini-réseaux privés	Forages privés	500 - 875 L/jour	Rs. 200 par mois et par foyer pour 500 L
3. Livraison d'eau par charrettes	Bornes fontaines	40 L/jour	Rs. 6-8 pour 25 L
4. Eau en bouteille	Forages privés	18 L/jour	Rs. 35-40 pour 20 litres

Source: NIUA (2002), *Small-scale Private Water Providers in Delhi*, sponsored by ADB.

En dehors des filières privées déjà connues (Llorente & Zerah, 2003), comme la livraison d'eau par camions citernes privés, la vente d'eau potable conditionnée en jarre ou en bouteille, ou encore le recours à des livreurs d'eau équipés de charrettes, l'étude met en évidence l'apparition de mini-réseaux développés par des entrepreneurs, en particulier dans la colonie non-autorisée de Sangam Vihar.

Ces réseaux informels, similaires à ceux que Solo (2003) a identifié en Amérique Latine, sont typiquement alimentés par un forage privé et constitués d'un ensemble de conduites en acier de faible diamètre déployées parallèlement en surface le long des bâtiments. Les réseaux sont localement appelés "spaghetti pipes" en raison de leur faible diamètre⁶ et de leur configuration anarchique.



Photo de "Spaghetti Pipes" à Batla House (Colonie non autorisée, Delhi).

⁶ ½ à 1 pouce de diamètre interne en système impérial, soit un diamètre nominal intérieur (DN) de 16 à 32 mm en système métrique.

L'eau n'est en général pas traitée avant la distribution, qui est assurée entre une et deux heures par jour. Les connexions sont réalisées par les usagers et coûtent entre 1 350 et 1 450 Rs. Les usagers payent des redevances mensuelles d'environ 200 Rs. par mois pour un approvisionnement d'environ 0.5 m³/j. (Conan, 2004).

Une étude menée sur ces mêmes mini-réseaux privés dans le quartier de Sangam Vihar par le Centre for Civil Society (CSS, 2006) rapportait des tarifs similaires avec des charges de premier établissement du réseau de 500 Rs. par usager, auquel s'ajoute le coût du branchement et des factures mensuelles de 250 à 200 Rs. Cette étude mentionne également une grande variété de structures d'organisation. Certains forages ont fait l'objet d'un investissement individuel par des propriétaires qui l'utilisent exclusivement pour leur propre besoin et celui de leurs locataires, dont le loyer mensuel comprend la facture d'eau. D'autres ont fait l'objet d'un investissement en coopérative de la part de plusieurs résidents. Enfin, l'exploitation de certains forages à l'intérieur du quartier pour le remplissage de camions citernes à des fins commerciales a également été rapportée.

Le cas de Dwarka

Choix du site et méthodologie

Compte tenu des informations disponibles sur l'accès à l'eau des populations des zones connectées au réseau (Zerah, 2000 ; Dutta, 2005), des bidonvilles (Tovey, 2002) et des colonies non-autorisées (Raghupati, 2003; Conan, 2004), il est apparu utile pour compléter ce panorama, d'étudier en détail les pratiques se développant dans les nouvelles zones urbanisées accueillant les classes moyennes et supérieures.

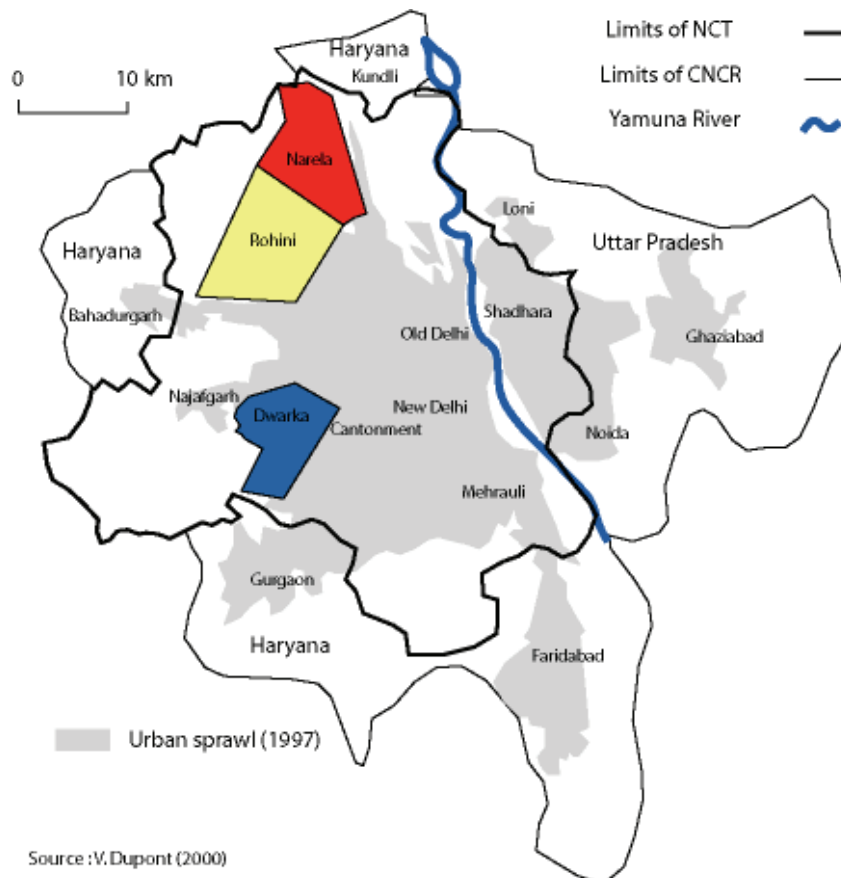
Le développement urbain de Delhi tel qu'il est défini par les plans d'urbanisme de la Delhi Development Authority (DDA) consiste aujourd'hui essentiellement en une extension urbaine massive sur la partie occidentale de l'État de Delhi où se situe l'essentiel des terrains urbanisables de l'État, dont environ la moitié des 1 483 km² est déjà urbanisée. Cette extension urbaine planifiée se présente sous la forme de trois méga-projets urbains baptisés Dwarka, Rohini, et Narela. Ces extensions urbaines sont localisées sur la carte 1.

Le premier de ces trois projets, celui de Rohini, a été amorcé dès les années 1980 et programmé en 5 phases, concerne une zone de 4 800 hectares. Les phases III et IV du projet ont été amorcées dans les années 1990 et sont en cours de développement. La population totale de la zone au terme de son développement est prévue par la DDA autour de 1.2 Millions de résidents.

Le projet de Dwarka quant à lui doit aboutir à terme à un parc résidentiel capable d'héberger 1.1 millions d'habitants sur 5 648 hectares, dont 1 688 ha. étaient déjà urbanisés avant le début du projet, 1 964 ha. étant développés dans une première phase du projet et 1 996 ha. dans une seconde phase.

Enfin, le projet de Narela, qui correspond à l'urbanisation du nord de l'État de Delhi s'étend sur une surface de 9 866 ha., dont 7 365 ha. seront urbanisés. Ce projet de Narela est encore dans sa première phase, les aménagements ayant été réalisés pour la zone industrielle. D'après la DDA, le projet de développement urbain de la zone de Narela devrait produire des logements pour environ 1.35 millions de personnes.

Carte 1. Carte du NCT et localisation des extensions urbaines.



Ces trois grands projets ont pour ambition de fournir un logement à une population représentant environ l'équivalent d'une décennie d'accroissement de la population. En termes d'espace, ce sont environ 200 km² qui sont concernés, soit environ 13 % de la surface de l'État de Delhi et une augmentation d'environ 25 % de la zone actuellement urbanisée.

Le développement de l'habitat dans ces zones privilégie le modèle de la coopérative de logement (Co-operative Group Housing Societies, CGHS). Dans ce modèle, un terrain est alloué à une société fondée par un groupe de 90 à 200 sociétaires qui achètent le terrain et construisent les bâtiments en copropriété. La DDA fournit également des logements déjà construits et vendus ou loués directement à des ménages. Ces logements collectifs, les "DDA flats" que l'on trouve dans diverses zones de la ville sont conçus pour héberger les différentes catégories de la population, mais les listes d'attente particulièrement longues et les pratiques illicites dans les procédures d'allocation font que même les logements prévus pour les catégories économiques les plus défavorisées⁷ sont en général occupés par des ménages appartenant à des catégories moyennes en termes de revenus.

⁷ Economically Weaker Section (EWS)

En complément de ces deux dispositifs de fourniture de logements collectifs, des parcelles individuelles ont également été allouées pour la construction, et des zones ont été réservées pour le relogement de ménages expulsés des bidonvilles situés en centre ville (*resettlement colonies*).

Le choix de la zone de Dwarka pour une enquête sur les stratégies des résidents de logements collectifs a été guidé par les spécificités de la configuration de cette nouvelle zone urbanisée en périphérie de la ville. Lorsque l'enquête a été menée, entre décembre 2003 et avril 2004, le peuplement de la zone était récent, les bâtiments ayant été construits entre la fin des années 1990 et le début des années 2000. La population de Dwarka était alors estimée à environ 125 000 personnes pour une capacité à terme estimée à 1.1 millions de résidents. La connectivité entre le centre de Delhi et Dwarka était alors l'élément contraignant qui freinait l'installation de ménages dans les nouveaux bâtiments construits, mais l'insuffisance de l'approvisionnement en eau alors fournie par le Delhi Jal Board apparaissait déjà comme l'un des principaux problèmes des nouveaux résidents. Dwarka offrait donc la possibilité d'étudier les conséquences en termes de comportement des ménages d'un décalage entre les revenus élevés des résidents – en particulier dans les logements construits par les sociétés coopératives (CGHS) – et un approvisionnement en eau particulièrement inadéquat en raison de la disposition périphérique de la zone et du retard pris dans les aménagements spécifiques destinés à son approvisionnement en eau.

Du fait de la diversité des stratégies compensatoires dans les différentes configurations urbaines⁸ et de diverses estimations statistiques sur le comportement de l'ensemble des résidents⁹, la démarche retenue a été une démarche qualitative analysant à partir d'études de cas, non seulement le processus de décision ayant abouti à la mise en œuvre d'un dispositif donné, mais également les caractéristiques techniques et économiques du système et les différentes filières commerciales étant intervenues dans sa mise en œuvre. Du point de vue méthodologique, il est à noter que les données de cette enquête n'ont pas vocation à être utilisées de manière statistique pour l'inférence de comportements économiques dans un cadre supposé d'équilibre. À l'échelle de l'échantillon observé, il apparaît en effet clairement que les comportements collectifs observés sont caractérisés par une démarche d'expérimentation.

L'enquête a débuté par une première phase d'entretiens conduits auprès de résidents et de membres de sociétés coopératives afin d'identifier les cas d'études pouvant représenter la diversité des situations. Des entretiens ont également été réalisés auprès de la DDA et du DJB pour comprendre les caractéristiques techniques et institutionnelles de l'approvisionnement en eau actuel et les perspectives d'évolutions.

À partir d'un premier diagnostic de la situation, un travail approfondi d'étude de cas a été réalisée en collaboration avec Jaouen Levasseur, dont la participation à l'enquête a constitué le travail de fin d'étude d'ingénieur de l'INSA Lyon¹⁰. Compte tenu de la démarche adoptée, il a été choisi de se focaliser sur le cas des logements collectifs, et des études de cas détaillées ont ensuite été réalisées sur 7 sociétés coopératives (CGHS) et 12 blocs de logements collectifs construits par la DDA (DDA pockets). Les entretiens ont été réalisés sur la base d'un questionnaire semi-directif, et de l'étude de documents techniques fournis par les personnes interrogées. L'enquête auprès des résidents a été complétée par une série d'entretiens avec les ingénieurs, architectes ou équipementiers ayant participé à la mise en place des dispositifs techniques.

⁸ Tovey, Raghupathi, CCS

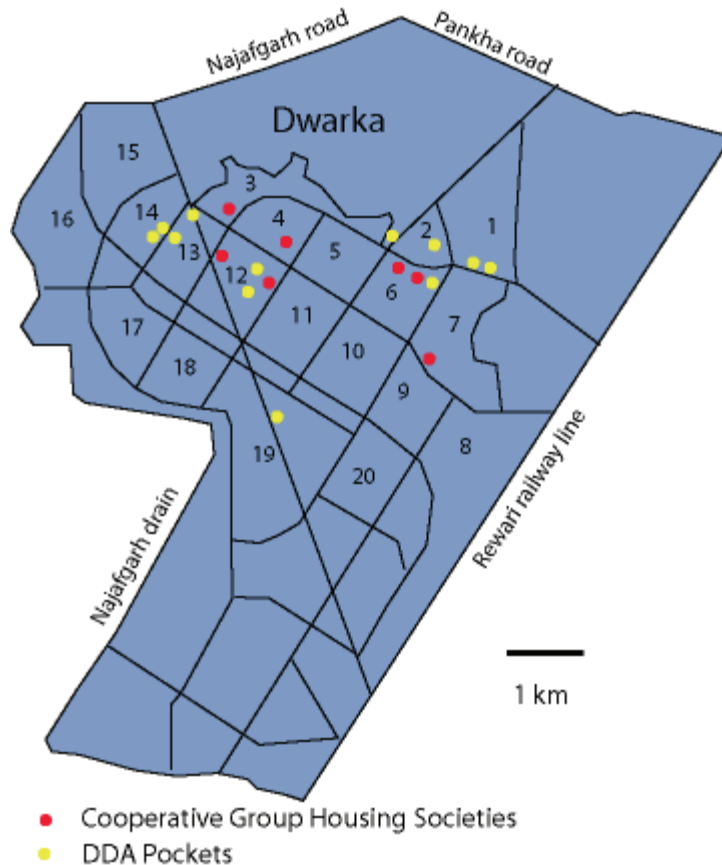
⁹ Zerah & Dutta

¹⁰ Levasseur & Maria, 2004

Description des enquêtes

La carte 2 présente la localisation géographique des sites des différentes études de cas dans la zone de Dwarka.

Carte 2. Localisation des cas d'étude.



Les sites sont concentrés pour l'essentiel dans les zones de la première phase de développement de Dwarka, les autres zones situées plus au sud n'étant pas encore développées à l'époque de l'enquête. La dispersion de ces sites a cependant permis d'observer des configurations très différentes en termes de qualité des eaux souterraines obtenues par les forages observés.

Le tableau 8 fournit les descriptions des complexes résidentiels étudiés en termes de nombre d'appartements et de taux d'occupation. Ces complexes sont de deux types : les logements construits directement par la DDA, les *DDA pockets*, et les logements construits par les sociétés coopératives privées : les *cooperative group housing societies* (CGHS). Les références individuelles aux différents logements ont été remplacées par un classement anonyme des deux différents types de logements.

Les logements construits directement par la DDA comportent en général plus d'appartements que les logements construits par les sociétés coopératives privées, les premiers étant organisés en complexes de plus de 200 appartements, alors que les complexes privés comportent entre 80 et 200 appartements. Les faibles taux d'occupations illustrent la situation générale de Dwarka au moment de l'enquête, c'est-à-dire celle d'un quartier en cours de peuplement. Cette situation, liée notamment au problème de connectivité sus mentionné évolue rapidement puisque la première station de métro de Dwarka a été inaugurée à la fin de

l'année 2005. Plusieurs aménagements routiers ont par ailleurs été complétés, ce qui a permis d'améliorer considérablement la connectivité entre Dwarka et le centre de la ville.

Tableau 8. Descriptif des complexes étudiés.

		Nombre d'appartements	Taux d'occupation
Logements collectifs construits par la DDA (<i>DDA Flats</i>)	Pocket 1	304	ND
	Pocket 2	223	13%
	Pocket 3	300	75%
	Pocket 4	608	50%
	Pocket 5	806	16%
	Pocket 6	680	12%
	Pocket 7	976	30%
	Pocket 8	1164	75%
	Pocket 9	720	34%
	Pocket 10	208	52%
	Pocket 11	212	47%
	Pocket 12	336	48%
Logements construits par des sociétés coopératives (CGHS)	CGHS 1	83	50%
	CGHS 2	120	50%
	CGHS 3	NA	ND
	CGHS 4	195	77%
	CGHS 5	105	66%
	CGHS 6	90	31%
	CGHS 7	126	En construction

Analyse de la situation de Dwarka du point de vue de l'approvisionnement en eau

Approvisionnement en eau par le réseau public

Bien que la distribution à Dwarka comme dans l'ensemble des zones urbaines de Delhi relève de la responsabilité du Delhi Jal Board, le quartier étant en cours de développement au moment de l'enquête, la distribution de l'eau était alors assurée par la DDA l'eau traitée étant quant à elle fournie par le Delhi Jal Board. Le transfert de la responsabilité de la gestion de la distribution est prévu après la complétion du développement de la zone, programmée en 2008.

Du point de vue des tarifs, la DDA facture à ses usagers un tarif différent de celui pratiqué par le Delhi Jal Board, la DDA pratiquant un tarif volumétrique fixe de 6.28 Rs./m³ quel que soit le volume compté. Ce tarif, significativement plus élevé que ceux pratiqués par le Delhi Jal Board avant leur augmentation en 2005, ne soulevait pas d'objection particulière des résidents interrogés, le problème essentiel portant sur les quantités disponibles.

Au moment de l'enquête, la DDA recevait du DJB un volume journalier de 11.4 ML/j à 13.6 ML/j, 4.5 ML/j étant affectés à des quartiers préexistants dans la zone, le volume restant (entre 6.9 et 9.1 ML/j) étant affecté à l'approvisionnement en eau de Dwarka.¹¹ Ces volumes, obtenus

¹¹ Information communiquée par l'ingénieur de la DDA en charge de la distribution de l'eau à Dwarka.

de l'usine de production d'eau potable de Nangloi, sont largement en dessous de la capacité prévue pour alimenter Dwarka. En effet, une usine supplémentaire de production d'eau potable a été construite afin de répondre aux besoins en eau du quartier, mais n'est pas entrée en opération en l'absence de ressources d'eaux brutes à traiter.

En considérant la population estimée de Dwarka en 2004, d'environ 125 000 personnes, et les standards d'approvisionnement résidentiel utilisés par la DDA pour la planification des extensions urbaines, les besoins seraient estimés à environ 28 ML/j. Du point de vue de ces standards d'approvisionnement (voir encadré 1), les volumes effectivement disponibles ne représentaient qu'un quart à un tiers des seuls besoins résidentiels, et moins de 20 % des besoins tous usages confondus tels qu'ils sont estimés par la DDA.

Encadré 1 : Les normes utilisées par la Delhi Development Authority pour la planification des infrastructures d'approvisionnement en eau.

Les standards utilisés par la DDA pour la planification des besoins en eau reposent sur un standard de 225 lppj pour l'approvisionnement résidentiel dont :

- 75 lppj pour les usages potables (boisson, cuisine, vaisselle)
- 150 lppj pour les usages domestiques non potables (lessive, salle de bain, toilettes)

À ces besoins d'approvisionnement résidentiel s'ajoutent les estimations des consommations des établissements commerciaux, des industries et des institutions estimées à environ 140 lppj, les besoins tous usages confondus étant estimé à 363 lppj (80 gallons par jour et par personne).

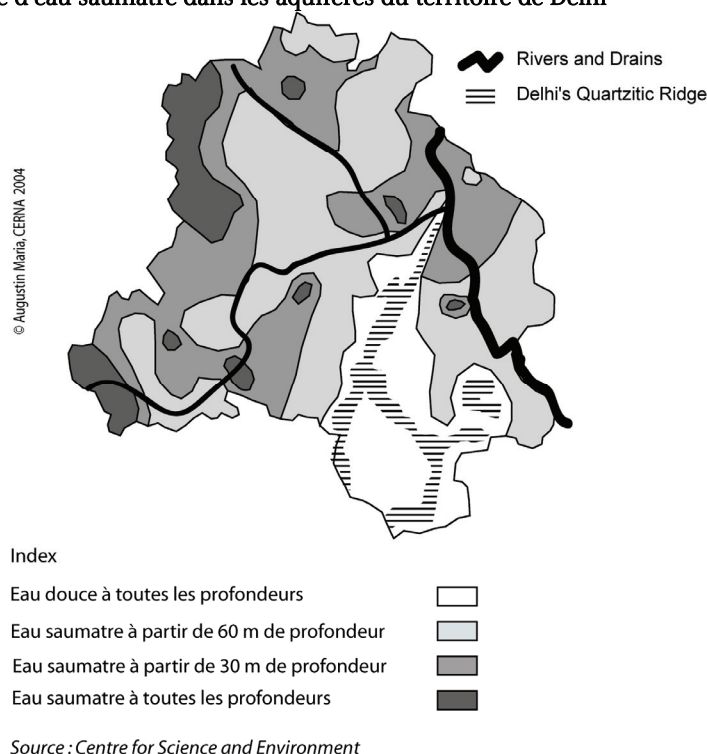
Source : Delhi Development Authority.

Bien que les standards de la DDA n'offrent pas une référence pertinente pour évaluer un décalage réel entre les volumes disponibles pour le réseau d'approvisionnement public et la demande, ils permettent cependant de mesurer le décalage entre ces volumes et les objectifs fixés par l'agence elle-même. Par ailleurs, les études de cas ont mis en évidence que les ménages les plus aisés souhaitaient disposer d'un volume d'approvisionnement correspondant à 200 lppj. La situation de Dwarka au moment de l'enquête était donc celle d'une zone urbaine en développement dans un contexte de carence importante de l'approvisionnement en eau par le réseau public. Cette carence, appelée à être résorbée à moyen terme par l'entrée en fonctionnement des installations comme l'usine de traitement de l'eau de Dwarka, était cependant amenée à s'aggraver avec le peuplement rapide de la zone, comme le laissent penser les faibles taux d'occupation des appartements déjà construits.

Accès aux ressources souterraines

Dwarka se trouve sur la partie sud-ouest du territoire de Delhi, et les aquifères exploités sont constitués de couches alluviales présentant une alternance d'argiles et de sables jusqu'à une profondeur d'environ 300 m où l'on trouve les roches du socle. La carte 2 (voir chapitre 6) illustre la baisse des nappes sur l'état de Delhi et montre qu'une baisse importante a été observée dans l'ouest du territoire. Dans le cas de Dwarka, on peut supposer que cette baisse s'est considérablement accélérée depuis les années 2000 avec le peuplement de zone. Par ailleurs, la carte suivante montre que la zone de Dwarka est particulièrement affectée par l'occurrence d'eau saumâtre dans les aquifères les plus profonds. On verra que ce problème de salinité de l'eau souterraine a conduit les résidents de la zone à mettre en œuvre des systèmes ingénieux leur permettant de s'adapter à cette situation.

Carte 3. Présence d'eau saumâtre dans les aquifères du territoire de Delhi



Source : Centre for Science and Environment, adapté par l'auteur (Maria, 2006)

Réactions des résidents face à l'insuffisance de l'approvisionnement en eau par le réseau public.

Les différentes réactions des résidents des deux types de logements étudiés : le fait de déterminants sociaux et techniques.

Les enquêtes menées ont montré une différence significative de comportement entre les résidents des logements construits en copropriété par les CGHS et les résidents des logements construits par la DDA. Alors qu'on a observé dans la totalité des complexes résidentiels construits par des CGHS la mise en place de stratégies collectives pour répondre à l'insuffisance de l'approvisionnement public, aucune option de ce type n'a été observée dans les *DDA pockets* où les solutions mises en place par les résidents étaient propres à chaque ménage.

Des différences institutionnelles et techniques expliquent cette divergence. Du point de vue institutionnel, la différence entre le niveau d'organisation des résidents des sociétés coopératives par rapport aux résidents des *DDA pockets* permet de comprendre les raisons d'une mise en place de solutions collectives. Bien que ces derniers soient généralement organisés en associations de résidents (Resident Welfare Associations, RWA), ces dernières n'ont pas le même effet structurant ni le même pouvoir financier que l'on trouvait dans les sociétés coopératives qui avaient en général été fondées plus d'une dizaine d'années avant que la construction des logements ait été initiée.

Du point de vue technique, alors que les résidents des *DDA pockets* n'ont pas été impliqués dans la conception et la construction de leur logement, ce sont les bureaux respectifs des sociétés coopératives qui ont embauché les architectes en charge de la conception de leurs bâtiments et qui ont fixé les termes de référence. Par ailleurs, alors que les CGHS bénéficient d'un branchement collectif au réseau public et assurent elle-même la collecte des contributions individuelles aux différentes charges, les résidents des *DDA pockets* sont quant à eux reliés directement au réseau par un branchement individuel. Le rôle de l'association des résidents se cantonne ainsi à celui de lobbying auprès de la DDA.

Pour ces raisons, on observe une réelle disparité entre les stratégies compensatoires développées par les résidents de ces deux types de logements. Les réponses développées par les résidents des *DDA pockets* varient en fonction des problèmes rencontrés et correspondent aux stratégies individuelles étudiées par Zerah (2000) et Dutta (2005), telles que l'installation de pompes de succion pour augmenter la quantité obtenue par un ménage aux dépends des autres, l'installation d'un filtre, ou l'achat d'eau en bouteille pour faire face aux problèmes de qualité, ou le recours à la livraison d'eau par camions citernes. Mais ce sont les réponses collectives développées au niveau des CGHS, dont la section suivante analyse les caractéristiques technico-économiques, qui constitue le résultat original de cette enquête.

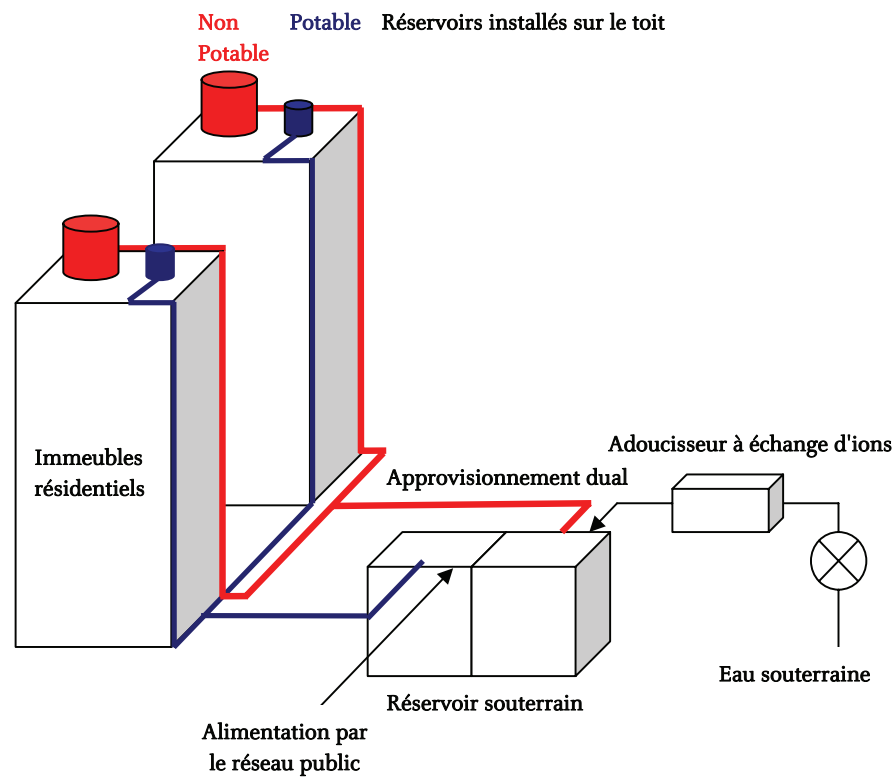
Schéma général

Le schéma 1 illustre un des exemples de dispositif étudié et permet de mettre en évidence les principales caractéristiques identifiées dans les différents dispositifs observés, à savoir :

- l'usage conjoint de l'eau du réseau et de l'eau souterraine.
- l'utilisation des capacités de stockage collectif pour la gestion de flux différenciés.
- le recours à des installations de traitement à l'échelle du complexe résidentiel.
- un approvisionnement dual

Cette figure qui représente schématiquement le système mis en place dans le complexe construit et habité par les membres de la Great Capital Society montre en effet comment la capacité de stockage collective souterraine a été divisée afin de pouvoir stocker séparément l'eau du réseau public qui est distribuée aux ménages pour leurs usages potables, et l'eau obtenue par un forage qui est traitée par un échangeur d'ions pour en réduire la dureté avant d'être fournie séparément aux ménages pour leurs usages non potables.

Schéma 1. Exemple de dispositif collectif (CGHS 5).



Description des systèmes observés

CGHS 1

Le complexe de la CGHS 1, qui rassemble des employés des entreprises National Hydroelectric Corporation Limited et Power Grid Limited est constitué de 5 immeubles de 4 étages et compte 83 appartements dont la moitié était occupée au moment de l'enquête.

La société recevait en moyenne 40 m³ d'eau par jour dont :

- 10 m³/jour du réseau public, facturés 6.28 Rs/m³
- 10 m³/jour livrés par des camions citernes de la DDA, facturés 27.5 Rs/m³
- 20 m³/jour livrés par des camions citernes privés, facturés 40 Rs/m³ (400 Rs. pour une livraison de 10 m³)

Par ailleurs les résidents utilisent l'eau d'un forage situé au sein du complexe pour les usages extérieurs comme l'arrosage et le nettoyage des voitures et des allées.

CGHS 2

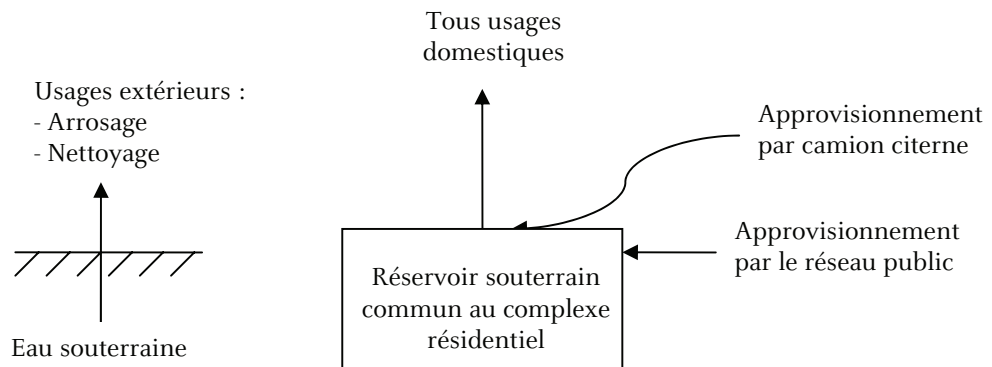
Cette société fondée sur une initiative individuelle regroupe 120 membres dont 60 étaient installés dans leur appartement au moment de l'enquête.

La société recevait en moyenne :

- 16 m³/jour du réseau public, facturés 6.28 Rs./m³
- 24 à 36 m³/jour livrés par des camions citernes privés facturés 42 Rs./m³ (500 Rs. pour une livraison de 12 m³)

Comme dans le cas de la CGHS 1, les résidents n'utilisent l'eau du forage qui se situe dans le périmètre de leur complexe résidentiel que pour les usages extérieurs, la qualité de l'eau souterraine apparaissant comme impropre à tout usage domestique.

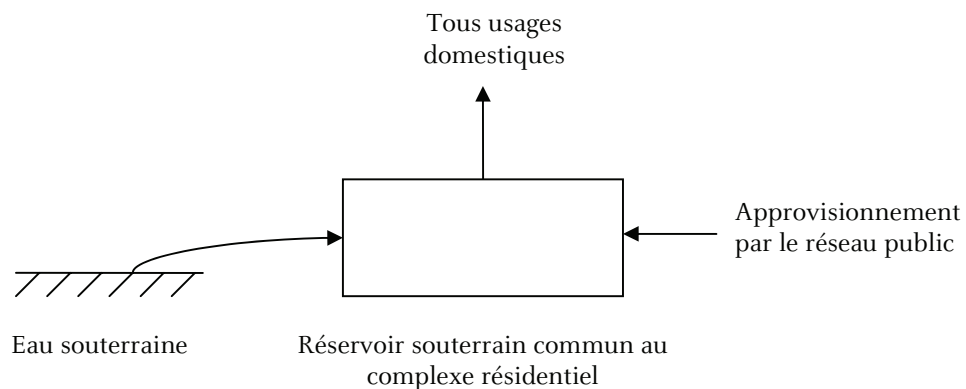
Schéma 2. Schéma du dispositif des CGHS 1 et CGHS 2



CGHS 3

Les résidents de la société sont satisfaits de la qualité de l'eau souterraine obtenue grâce au forage dont la société dispose, et l'eau souterraine est donc mélangée directement avec l'eau du réseau public et distribuée aux ménages qui disposent tous pour leurs usages potables d'un filtre à ultra-violet de type Aquaguard.

Schéma 3. Schéma simplifié du dispositif de la CGHS 3



CGHS 4

Les premiers appartements de la société ont été alloués dès 1999. Le complexe résidentiel de 195 appartements est donc un des plus anciennement habité de Dwarka, et 150 de ces appartements étaient occupés au moment de l'enquête.

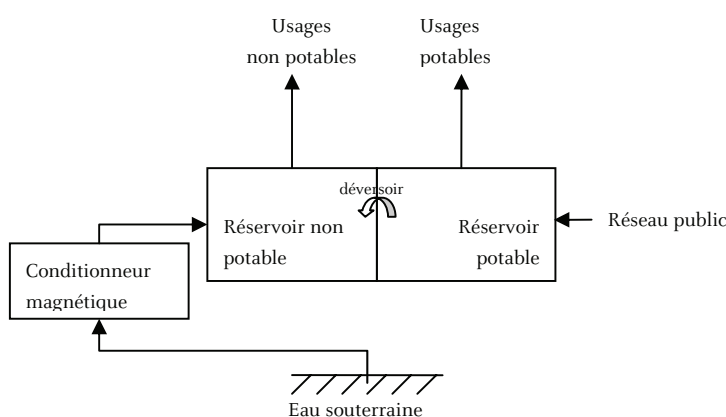
Dans un premier temps, les résidents utilisaient conjointement l'eau du réseau public et l'eau souterraine obtenue par un forage peu profond dont la qualité était satisfaisante. Mais la baisse des nappes a tari ce premier forage et la société a dû dans un second temps réaliser un deuxième forage qui exploite un aquifère plus profond mais dont la qualité des eaux pose problème. Des mesures effectuées montrent en effet que la salinité de l'eau de ce deuxième forage est particulièrement élevée avec une concentration de solides dissous de 8 000 ppm.¹² Les résidents s'étant plaints de l'inadéquation de cette eau avec l'ensemble des usages domestiques, un comité de résidents a été nommé pour mettre en place un système permettant aux résidents d'avoir un approvisionnement en eau adéquat.

Plusieurs solutions ont été étudiées dont le recours à l'osmose inverse pour résoudre le problème que pose la salinité de l'eau souterraine disponible. Le système finalement retenu repose sur un approvisionnement séparé pour les usages potables (100 litres par jour et par appartement) et pour les usages non-potables.

Le réservoir souterrain commun à l'ensemble du complexe résidentiel, d'un volume total de 200 m³ a été subdivisé en trois réservoirs dont la procédure de remplissage détermine le fonctionnement du système.

Conformément à la réglementation en vigueur, l'eau du réseau public est d'abord stockée dans une partie du réservoir afin de constituer une réserve pour lutter contre les éventuels incendies. Le débordement du premier réservoir tampon remplit un second réservoir dont le contenu est réservé à l'approvisionnement des ménages en eau potable (100 litres par jour et par appartement). Si l'approvisionnement en eau du réseau se trouve être en excès de ces deux premières capacités de stockage, l'eau obtenue déborde dans un troisième réservoir consacré à l'approvisionnement non-potable des ménages (900 litres par jour et par appartement), où elle sera mélangée avec l'eau souterraine préalablement conditionnée par un système magnétique censé atténuer les effets de la dureté de l'eau¹³.

Schéma 4. Schéma du dispositif de la CGHS 4



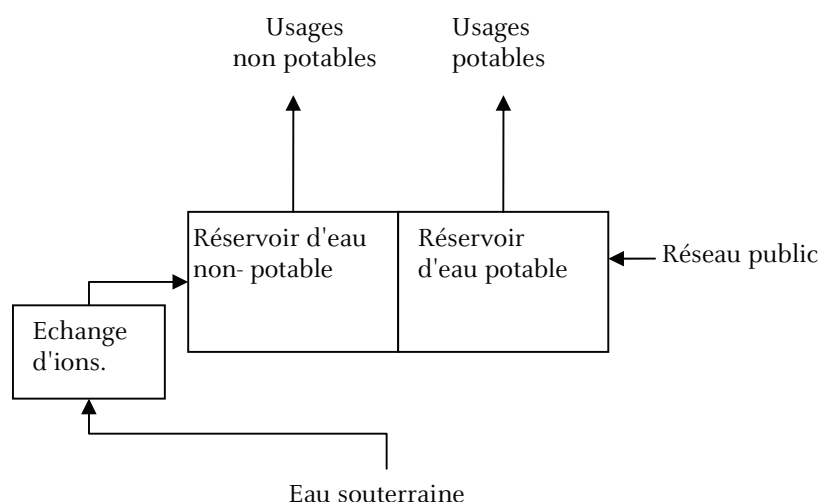
¹²En comparaison, la concentration de solides dissous de l'eau de mer est d'environ 35 000 ppm.

¹³ Des systèmes similaires ont été testés en France et leurs effets sur la réduction de l'entartrage a été vérifié. (ATEX – 575 du CSTB portant sur la technologie RIMEAU de la société RIME SA)

CGHS 5

Dans cette société regroupant 105 appartements, dont 70 étaient occupés à la date de l'enquête, l'approvisionnement en eau par le réseau public était particulièrement incertain, les volumes obtenus pouvant varier entre 0 et 25 m³/jour. Les résidents estimant leur besoin à 60 m³/jour, dont 10 m³/jour pour les usages potables, un approvisionnement séparé a été aménagé pour les usages potables et non potables.

Schéma 5. Schéma simplifié du dispositif de la CGHS 5



L'eau obtenue par le réseau public est entièrement réservée aux usages potables alors que l'eau souterraine est utilisée pour les usages non potables. Les résidents ont également décidé d'investir dans un adoucisseur d'eau à échange d'ion afin de réduire la dureté de l'eau. Par ailleurs, la plupart des ménages sont équipés de filtres individuels à ultraviolet ou à osmose inverse.

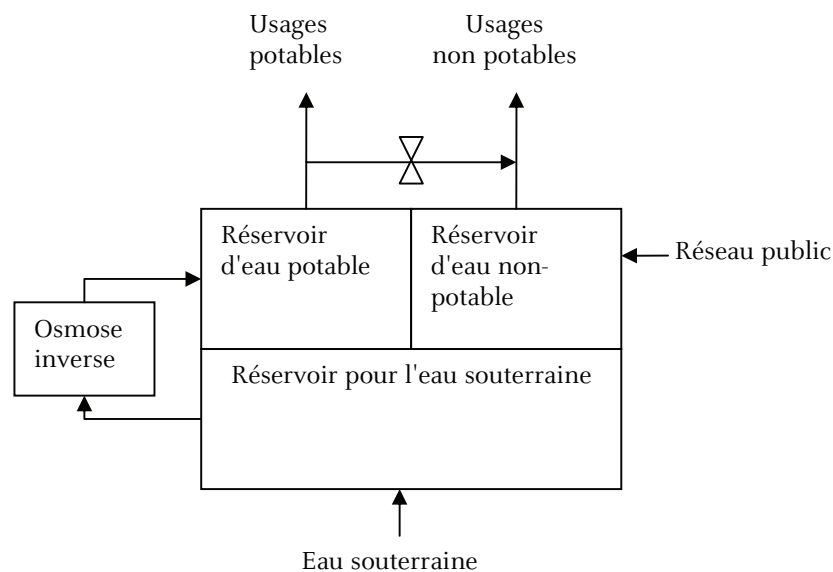
CGHS 6

Le cas de la CGHS 6 illustre une démarche allant vers une indépendance quasi totale de l'approvisionnement public. Du fait du manque de fiabilité de l'approvisionnement par le réseau public, et du coût élevé de l'approvisionnement par camions citernes, les membres de la société ont en effet décidé d'avoir recours à l'eau souterraine pour mettre en place une solution durable pour un approvisionnement en eau adéquat. L'eau du forage situé dans le complexe résidentiel présentant des taux élevés de solides dissous (> 8000 ppm), la société a fait appel à un ingénieur pour concevoir un système leur garantissant un approvisionnement adéquat de 100 L/jour par appartement en eau potable et 900 L/jour par appartement en eau destinée aux autres usages domestiques. Le système mis en place repose sur le traitement par osmose inverse de l'eau souterraine dont une partie est utilisée pour l'approvisionnement en eau potable et l'autre partie est mélangée avec l'eau obtenue du réseau public pour l'approvisionnement non potable.

Ce cas, comme celui de la société CGHS 4, offre un exemple de la complexité des stratégies de traitement et de combinaison des différentes sources d'eau disponibles qui peuvent être mises en place. Bien que le système observé ne semble pas être optimal sur le plan économique, il montre cependant qu'à l'échelle d'un complexe résidentiel, la technologie de

l'osmose inverse offre des coûts relativement bas, les calculs effectués indiquant un coût total d'environ 50 Rs./m³ pour une installation d'une capacité de 8m³/h. L'essentiel de ce coût provient de la consommation en énergie qui représente 33,2 Rs/m³. Ce coût, est sensiblement inférieur au coût unitaire de l'eau potable obtenue par un filtre individuel d'une capacité de 10 L/h qui s'élève à 500 Rs./m³ mais se rapproche en revanche des coûts unitaires les plus faibles observés dans des installations de dessalement de l'eau de mer 46 Rs./m³ (1\$/m³) à Chennai et 0,5 \$/m³ à Ashkelon.

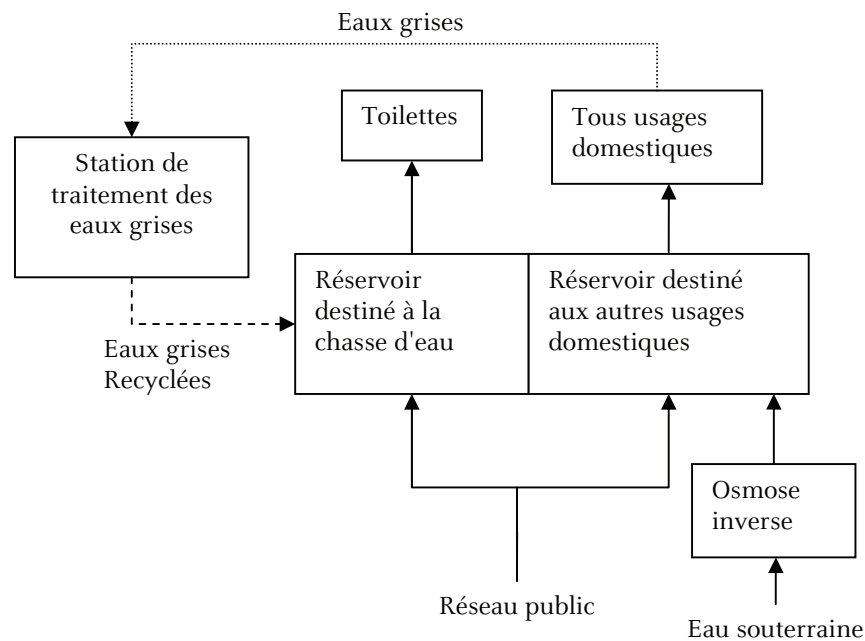
Schéma 6. Schéma simplifié du dispositif de la société CGHS 6



CGHS 7

La CGHS 7 était en construction au moment de l'enquête et constituait l'exemple du système le plus sophistiqué parmi ceux qui ont été observés à Dwarka. Afin d'être totalement indépendante de l'approvisionnement par le réseau public, la société s'est en effet équipée d'une usine de traitement de l'eau souterraine par osmose inverse pour pouvoir satisfaire l'ensemble des besoins domestiques, exceptés les besoins de chasse d'eau qui seront quant à eux satisfaits par la réutilisation des eaux grises traitées par une station de traitement indépendante.

Schéma 7. Schéma simplifié du dispositif de la CGHS 7



Analyse économique des systèmes

Afin de pouvoir valider ou invalider l'hypothèse d'une possible compétition économique entre les systèmes collectifs mis en place dans les sociétés coopératives de logement comme celles étudiées à Dwarka, nous avons calculé un *coût unitaire équivalent* du service, exprimé en Rs./m³, et calculé pour chaque cas étudié en divisant les coûts d'investissements annualisés et les coûts d'opération par les consommations annuelles dans le cas d'un taux d'occupation de 100 % des immeubles.

Ces *coûts unitaires équivalents* (voir tableau 9) peuvent ainsi être comparés à la nouvelle grille tarifaire du Delhi Jal Board, ainsi qu'aux coûts totaux du système opéré par le Delhi Jal Board qui seront évalués dans la section suivante.

Le tableau 9 distingue, au sein de ce coût unitaire équivalent, la part des coûts d'investissement, des coûts d'opération et de maintenance, ainsi que des sommes consacrées à l'achat d'eau provenant du réseau public ou livrée par camion citerne.

Le coût unitaire équivalent (CUE) peut ainsi se décomposer en trois termes :

$$CUE = \frac{I_a}{Conso} + \frac{D_{O\&M}}{Conso} + \frac{D_{Achat}}{Conso}$$

où :

- I_a est la somme des coûts d'investissement annualisés.
- $D_{O\&M}$ est la somme des dépenses d'opération et de maintenance encourues sur une année
- D_{Achat} est la somme dépensée au cours d'une année pour l'achat d'eau à l'extérieur
- Conso est la consommation totale annuelle d'eau toutes sources et tous usages confondus

La valeur de ces différents termes est représentée dans le tableau 9 et permet d'appréhender la structure du coût des différents systèmes. Ces termes ne doivent cependant pas être confondus avec les coûts unitaires liés à l'usage des différents éléments techniques, le dénominateur commun à tous les termes étant la consommation totale annuelle toute source et tous usages confondus.¹⁴

Tableau 9. Décomposition des coûts unitaires équivalents pour les différents cas étudiés

Société	Besoins couverts par le réseau (hypothèse de calcul)	Ia/Conso (Rs./m ³)	DO&M/Conso (Rs./m ³)	DAchat/Conso (Rs./m ³)	Coût unitaire équivalent (Rs./m ³)
CGHS 1	25 %	2,8	1,2	28,5	32,5
CGHS 2	30 %	3,1	1,6	30,6	35,3
CGHS 3	30 %	3,3	3,8	1,9	9
CGHS 4	30 %	2,7	2,9	1,9	7,5
CGHS 5	0 %	3,7	4	0	7,7
	30 %	3,7	3,5	1,9	9,1
CGHS 6	0 %	9,7	36	0	45,7
	60 %	9,7	17,3	4,2	31,2
CGHS 7	0 %	24,7	30,8	0	55,5
	100 %	24,7	4,4	6,3	35,4

Les sociétés CGHS 1 et 2 présentent des coûts élevés en raison de l'achat d'eau à des camions citernes. Les CGHS 3, 4, et 5, dont les systèmes relativement simples reposent sur l'usage conjoint d'eau du réseau et d'eau souterraine, présentent quant à elles des coûts faibles qui, si l'on déduit les coûts d'investissements communs à toutes les sociétés que représentent les capacités de stockage et les installations de pompage, s'avèrent être inférieurs aux tarifs pratiqués par le réseau public, et très inférieurs au coût total du système opéré par le Delhi Jal Board.

Dans le cas des deux sociétés qui ont mis en place des systèmes plus complexes, pouvant assurer l'autonomie de leurs résidents, deux coûts ont été présentés en fonction des hypothèses de recours ou non à l'eau du réseau public. On observe que les coûts unitaires équivalents les plus élevés se situent à environ 50 Rs./m³ ce qui représente un coût élevé par rapport aux tarifs pratiqués par le réseau public. On verra cependant dans la section suivante que cela peut correspondre à des estimations du coût total du système opéré par le Delhi Jal Board.

Quel avenir pour ces systèmes?

On peut porter sur les systèmes qui viennent d'être décrits le même regard que celui qui a été décrit dans la première section. On peut en effet considérer que ces systèmes sont chers, et que leur utilisation est appelée à n'être que temporaire, du fait de leur disparition dès lors que le service municipal aura été réformé de manière à fournir à tous un service satisfaisant.

Par ailleurs, dans le cas de Dwarka, le fait que ces systèmes reposent en grande partie sur l'exploitation des ressources souterraines locales peut amener à considérer ces systèmes comme non soutenables du point de vue technique, leur utilisation conduisant à terme à l'épuisement des nappes.

¹⁴ Pour consulter le détail des coûts unitaires des différentes composantes techniques, se référer au rapport de l'étude (Levasseur & Maria, 2004).

L'étude technico-économique détaillée qui a été réalisée conduit cependant à remettre en question ces deux arguments.

Les systèmes sont-ils chers?

La comparaison des coûts unitaires équivalents qui ont été présentés dans la section précédente avec les tarifs pratiqués par le Delhi Jal Board, peut en effet conduire à considérer que les systèmes étudiés coûtent cher. En effet, le Delhi Jal Board pratique des tarifs par blocs croissants, et le tarif du dernier bloc pour les utilisateurs résidentiels s'élève à 10 Rs./m³. De ce point de vue, la plupart des systèmes présentent un coût unitaire équivalent supérieur à ce tarif. Mais les coûts unitaires équivalents qui ont été calculés sont des coûts totaux qui comprennent le coût annualisé des investissements réalisés. Une tentative d'estimation du coût total du système opéré par le Delhi Jal Board a été réalisée (Maria, 2007) qui aboutit aux résultats suivants.

Tableau 10. Résumé des estimations de coût complet du système opéré par le Delhi Jal Board. (coûts unitaires exprimés en Rs./m³)

	Hypothèse basse	Hypothèse haute
Coûts de l'eau brute	1.73	5.15
Coûts d'opération et de maintenance	12.2	24
Coûts d'investissements	18.3	25
Total	32.23	54.15

Source : Maria, 2007

On observe que ces coûts se situent à des niveaux similaires à ceux des systèmes les plus sophistiqués parmi ceux étudiés.

En considérant le fait que les systèmes observés correspondent à une phase exploratoire du point de vue technologique, on peut faire l'hypothèse que des systèmes similaires pourraient être conçus sur la base d'éléments techniques identiques mais avec un coût total inférieur. Si par ailleurs on considère les coûts d'investissements comme des coûts échoués, on peut alors conclure à la validité de l'hypothèse d'une possible concurrence économique entre de tels systèmes et un approvisionnement en réseau pratiquant le recouvrement des coûts.

Les systèmes peuvent-ils être soutenables?

Parmi les systèmes étudiés, les plus simples qui reposent sur une exploitation simple des ressources souterraines locales sans recharge des nappes peuvent être considérés à juste titre comme non soutenables du point de vue technique.

Mais il est intéressant de constater comment certains systèmes ont évolué spontanément en direction d'un modèle qui combine des éléments innovants, comme la récolte des eaux de pluie et la réutilisation locale des eaux usées, et la mobilisation de divers flux pour des usages différenciés.

Ces éléments, qui ont été mis en place spontanément par les résidents pour faire face à l'insuffisance de l'approvisionnement par le réseau public convergent par ailleurs avec un modèle technique envisagé par le ministère central du développement urbain (Ministry of Urban Development, MoUD), mais qui n'a jamais réellement été mis en œuvre. Le MoUD a en effet publié en 2001 une circulaire recommandant aux différentes autorités compétentes de modifier les réglementations sur les nouvelles constructions (*building bye-laws*) pour rendre

obligatoire dans les nouvelles constructions, non seulement l'installation de structures de récupération des eaux de pluies, mais également une double tuyauterie pour un approvisionnement non potable et le recyclage local des eaux usées pour l'arrosage dans le cas des bâtiments produisant plus de 10m³/jour d'eaux usées. Cette réglementation n'a cependant jamais été mise en place au niveau local à Delhi, la raison invoquée par les fonctionnaires de la DDA interrogés étant l'absence d'accord sur les standards techniques précis à adopter pour ces différentes installations.

Plus généralement, ces alternatives techniques peuvent être considérées comme les éléments d'un nouveau paradigme de la gestion urbaine de l'eau. En effet, l'architecture générale commune aux systèmes techniques qui assurent la fourniture des services d'eau et d'assainissement dans les villes des pays industrialisés fait aujourd'hui l'objet de plusieurs remises en cause du point de vue technique. Cette architecture est caractérisée par des réseaux centralisés d'approvisionnement en eau et d'assainissement qui fournissent une eau potable pour tous les usages et collectent l'ensemble des eaux usées pour les traiter avant retour à l'environnement.

C'est ainsi que certains, comme Pinkham (1999) considèrent que les évolutions qui ont eu lieu au cours des dernières décennies dans plusieurs champs des techniques de la gestion urbaine de l'eau peuvent donner lieu à l'émergence d'un nouveau paradigme de la gestion urbaine de l'eau (voir le tableau 11).

Dans ces conditions, on peut se demander si les systèmes compensatoires qui sont actuellement mis en place dans les localités comme Dwarka peuvent constituer à terme les prémisses d'une nouvelle trajectoire technologique radicalement différente de celle des systèmes centralisés qui ont permis la généralisation de l'accès au services d'eau et d'assainissement dans les premiers pays industrialisés, mais qui soit plus durable.

Tableau 11. L'ancien et le nouveau paradigme de la gestion urbaine de l'eau selon Pinkham (1999)

<i>Les rejets humains sont une nuisance.</i> Ils doivent être rejetés après avoir subi le traitement requis afin de réduire leurs propriétés néfastes.	<i>Les rejets humains sont une ressource.</i> Ils devraient être collectés et traités efficacement pour être utilisés comme nutriments.
<i>Les eaux pluviales sont une nuisance.</i> Elles doivent être évacuées des zones urbanisées le plus rapidement possible.	<i>Les eaux pluviales sont une ressource.</i> Les eaux pluviales doivent être mobilisées localement pour recharger les aquifères, alimenter les cours d'eau et contribuer à l'irrigation.
<i>Répondre à la demande.</i> Il est nécessaire d'augmenter la capacité pour répondre à la demande.	<i>Gérer la demande.</i> Utiliser toutes les méthodes de gestion de la demande avant d'augmenter la capacité des infrastructures.
<i>La demande est une affaire de quantité.</i> Les quantités d'eau requises ou produites par les usagers finaux sont les seuls paramètres déterminant les choix en termes d'infrastructure. Il s'agit de traiter tous les volumes d'eau fournis au niveau de potabilité, et de collecter toutes les eaux usées produites pour les traiter dans un système unique.	<i>La demande est multiple.</i> Les choix d'infrastructure devraient prendre en compte les caractéristiques des besoins pour les différents usages et des différentes eaux usées produites, en termes de quantité, qualité (biologique, chimique, physique), fiabilité, etc.
<i>Usage unique.</i> L'eau emprunte un parcours linéaire de l'approvisionnement, à un usage unique puis l'évacuation et le traitement avant rejet dans l'environnement.	<i>Réutilisation et recyclage.</i> L'eau peut être utilisée plusieurs fois, en l'utilisant successivement pour des usages nécessitant des qualités décroissantes, et en réutilisant les eaux usées traitées dans une logique d'approvisionnement.
<i>Infrastructure grise.</i> Ce que l'on qualifie d'infrastructure est construit avec du béton, du métal ou du plastique.	<i>Infrastructure verte.</i> En plus des réseaux et des stations de traitement, l'infrastructure inclue les capacités naturelles des sols et de la biosphère d'absorption et de traitement de l'eau.
<i>Privilégier les systèmes centralisés.</i> Les grands systèmes, en particulier les stations de traitement procurent des économies d'échelles.	<i>L'alternative des petits systèmes décentralisés doit être considérée.</i> Les petits systèmes sont efficaces et peuvent être économiques, en particulier lorsque des déséconomies d'échelles apparaissent.
<i>Limiter la complexité, standardiser.</i>	<i>Diversifier les solutions.</i>

Source : Pinkham (1999), traduit par l'auteur.

Conclusion

L'étude de cas de Dwarka révèle que les classes moyennes qui construisent leur logement en périphérie de la ville ont à leur disposition des solutions techniques leur permettant d'avoir un approvisionnement en eau fiable et abordable. Les investissements réalisés les engagent ainsi dans une trajectoire technologique inédite.

Deux questions se posent alors. Tout d'abord, le réseau collectif opéré par DJB pourra-t-il à terme s'imposer comme la source unique d'approvisionnement en eau pour ces usagers ? Ensuite, cela est-il souhaitable ? Devant les difficultés que rencontrent les municipalités indiennes à mettre en place des systèmes centralisés qui répondent à la demande de leurs résidents, les systèmes mis en place spontanément représentent non seulement une roue de secours qui permet à ces derniers de patienter en attendant une amélioration du fonctionnement du réseau centralisé public, mais également une opportunité pour les municipalités. Des systèmes similaires à ceux qui ont été étudiés à Dwarka peuvent en effet conduire à une réduction à long terme de la demande adressée par les populations de ces quartiers périphérique au réseau public.

Pour évaluer précisément le coût et le bénéfice de cette réduction, il faudrait pouvoir se baser sur un scénario de développement à long terme du réseau qui intègre cette information sur la réduction de la demande pour réduire les coûts d'investissement.

On peut légitimement s'interroger sur les risques que comporteraient le développement durable de ces dispositifs alternatifs au réseau public, et en particulier le risque financier pour le réseau public. En effet, si les populations les plus favorisées peuvent plus facilement "faire sécession", cela peut faire peser une menace sur l'équilibre financier des services collectifs pour lesquels la contribution de ces populations serait essentielle dans le cadre d'un système de subventions croisées.

Mais a contrario on observe qu'à Delhi, comme dans la majorité des villes indiennes, les bénéficiaires d'un accès aux services ne payent pas actuellement le coût d'opération et de maintenance de ces services. Les services collectifs sont donc essentiellement financés par le budget de l'état de Delhi dont les revenus dépendent en grande partie de la Taxe sur la Valeur Ajoutée (TVA). Il existe par ailleurs d'autres moyens, comme la taxe foncière, pour faire payer les populations qui pourraient devenir indépendantes du réseau pour leur approvisionnement en eau. Le risque financier n'est donc, ni à court terme ni à long terme, un argument pertinent pour refuser d'envisager l'hypothèse d'un développement durable de ces dispositifs alternatifs.

Bibliographie

- Badhuri A., Kejriwal A., (2005), *Urban Water Supply, Reforming the Reformers*, Economic and Political Weekly, Vol. 40, N. 53.
- Choe K., Varley R.C.G., Bilani H.U, (1996), *Coping with Intermittent Water Supply: Problems and Prospects. Environmental Health Project*, Activity Report No. 26, USAID, October 1996.
- Conan (2004), *Small Piped Water Networks: Helping Local Entrepreneurs to Invest*, Water For All Series, n. 13, Asian Development Bank.
- Dutta V. (2005), *Public support for water supply improvements: Empirical evidence from unplanned settlements of Delhi, India*, The Journal of Environment Development, 14: 439-462.
- Dutta V., Tiwari A.P., (2005), *Sector reforms, regulation and the challenges of sustainability: Demand side analysis for urban water utility of Delhi*, India XII World Water Congress "Water for Sustainable Development - Towards Innovative Solutions" 22-25 November 2005, New Delhi, India.
- Lee K.S., Anas A., (1989), *Manufacturers' responses to Infrastructure deficiencies in Nigeria: private alternatives and policy options*, Policy Research Working Paper WPS 325, the World Bank.
- Humplick F., Kudat A., Madanat S., (1992), *Household Response to Reliability of Water Supply: The case of Istanbul, Turkey*, Policy Planning and Research Staff, The World Bank.
- Llorente M. Zerah M.H., (2003) " The urban water sector: Formal versus Informal Suppliers in India" Urban India, Vol. 22, N.1
- Ragupathi (2003), *Small private water providers. An alternative solution for the poor*, Shelter, vol. 6, n.3
- Sethi K., (1992), *Households' responses to Unreliable Water Supply in Jamshedpur, India: A report*, Draft Working Paper, Transport, Water and Urban Development Department. World Bank, Washington D.C
- Tovey K., (2002), *Institutional Response to the Water Needs of the Urban Poor: A Study of Collective Action in Delhi Slums, India*, PhD Thesis, Department of Geography, University of Cambridge.
- Vaidya C., (1994), *A study on willingness to pay for Water and Sanitation Services: Case Study of Baroda*, Draft report, Submitted to Human Settlement Management Institute.
- Whittington, D., D.T. Lauria, and X. Mu. (1989), *Paying for Urban Services: A Study of Water Vending and Willingness to Pay for Water in Onitsha, Nigeria*, Infrastructure and Urban Development Department, Case Study, Report INU 40.
- Whittington D., Hanemann W.M., (2006), *The economic costs and benefits of investments in municipal water and sanitation infrastructure: a global perspective*, CUDARE working paper No 1027.

Williamson J. (1990), *What Washington Means by Policy Reforms?*, In John Williamson, ed., *Latin American Adjustment: How Much Has Happened?*, Institute for International Economics.

Zerah (2000), *Water: Unreliable Supply in Delhi*, Manohar Publisher, Delhi.