

Le caractère incitatif de la tarification de l'eau à La Réunion

Binet M-E, Carlevarro F. & Paul M.

December 18, 2007

Contents

1	Introduction	3
2	Constats	5
2.1	Les consommations	5
2.2	Les tarifs	8
2.2.1	Les modes de gestion	8
2.2.2	Les prix de l'eau à La Réunion - constat	9
2.2.3	La structure des tarifs	12
2.3	Les corrélations	15
3	Les déterminants de la demande	17
3.1	La sensibilité au prix / aspects théoriques	17
3.1.1	Principe	17
3.1.2	Propriétés	19
3.1.3	Le D de Nordin	21
3.2	Les autres facteurs	24
3.2.1	Les variables climatiques	24
3.2.2	Les caractéristiques des Ménages	26
3.2.3	Les caractéristiques du logement et des équipements	26
3.3	Estimations	27
3.3.1	Premiers éléments	27
3.3.2	Le modèle linéaire	28
3.3.3	Le modèle log – linéaire	30
3.3.4	Discussion	31
4	L'approche technico-économique	33
5	Conclusion	38

6	Annexes	42
6.1	Présentation des données DIREN 2004	42
6.2	Le prix total moyen - propriétés	43
6.3	45
6.4	Analyse de la demande - une illustration	45
6.5	Tests de bonne spécification	46
7	Bibliographie	48

1 Introduction

Suivant Maresca et *alii* [1997], on peut considérer que la demande d'eau de la part des Ménages est un champ qui a, durant longtemps, été négligé dans la littérature économique. A l'origine, cette dernière s'est en effet centrée sur des questions touchant à l'offre, le problème consistant pour l'essentiel à satisfaire des besoins en constante progression, augmentant bon an mal an au rythme de 7% (soit un doublement tous les 10 ans). Comme souligné par Nauges & Raynaud [2001], cette fourniture était alors considérée comme prioritaire par les autorités car elle concernait des besoins perçus comme indispensables à la santé publique. Les usages étant alors quasi-incompressibles, ou du moins considérés comme tels, l'effet du prix sur la demande n'était pas considérée comme une question pertinente, dans tous les cas de figure qui recevait une réponse simple et claire.

On peut considérer qu'il y a aujourd'hui une différence de sensibilité sur cette question. La raison en tient, pour l'essentiel, à l'évolution des modes de vie et à la multiplication des usages domestiques qui laissent à penser que la consommation n'est plus à des niveaux incompressibles. Ainsi, en France, selon le Centre d'Information de l'Eau, seul 7% de l'eau sert à l'alimentation, le reste étant consacré à l'hygiène (39% pour les bains et les douches, 20% pour les sanitaires), aux travaux de nettoyage (12% pour la lessive, 10% pour la vaisselle, 6% pour le lavage de la voiture et l'arrosage des plantes) et à des usages divers (6%). La conséquence en est qu'une partie de la demande doit être sensible au prix.

Ce point est alors d'importance car on a vu se développer ces dernières années des conflits d'usage sur la ressource. Cela est le cas non seulement en France métropolitaine, avec la mise en place de restrictions lors des périodes de sécheresse, mais également à La Réunion, notamment dans l'Ouest et le Sud-Ouest du Département. Ces deux micro-régions concentrent en effet une grande partie des activités consommatrices d'eau, avec les Ménages et l'agriculture, dans un cadre où la ressource n'est pas, au final, abondante (le niveau des précipitations dans la zone « *sous le vent* » peut être considéré comme faible). Fusillier et Saque [2003] et Richefort [2006] rapportent notamment que les agriculteurs dans le Bras de la Plaine, une zone agricole irriguée, sont rationnés durant la saison chaude, ce qui a des effets négatifs sur le volume et la qualité de la production. Le document "*Eléments de diagnostic sur la politique de l'eau à la Réunion*", produit par les services de l'Etat, mentionne également qu'il existe "*dans l'Ouest et dans le Sud, des secteurs où les coupures d'eau sont fréquentes à la fin de la saison sèche*". D'autre part, le rapport précise que les prélèvements posent également problème avec certains captages en surface qui ne respectent pas les débits réservés. Pour finir, la forte pression démographique de l'île est un facteur qui, si les consommations individuelles se maintiennent à leur niveau actuel, risque d'accentuer les déséquilibres, notamment dans l'Ouest du Département.

Dans ce cadre, la question du prix en tant qu'instrument de régulation de la demande est naturellement posée. On peut même considérer qu'elle fait d'autant plus jour à La Réunion que, comme on le verra à la section I, le niveau moyen des consommations est largement supérieur à celui de la métropole avec, parallèlement, un prix de l'eau qui est lui-même très en deçà. Ce constat n'implique évidemment pas l'obligation pour La Réunion de s'aligner sur les niveaux de prix métropolitains, au motif d'un équilibre de "*ventres vides*" (la ressource demeure plus abondante à La Réunion, ce qui va dans le sens d'un prix plus bas). En revanche, il laisse à penser que des marges de manoeuvre sont possibles, notamment en ce qui concerne les Ménages dont les pratiques seraient peu économes.

La suite de ce document s'organise alors en trois sections. La première s'attache à dresser un état des lieux à travers un certain nombre de constats relatifs à la forte consommation des Ménages, d'une part, et au faible prix de l'eau, d'autre part. Un résultat d'importance est notamment qu'une partie importante de l'écart observé avec la métropole tient à l'existence d'une frange de gros consommateurs (un tiers de la population). Ces faits ayant été mis en évidence, la seconde section se concentrera sur la question de la sensibilité de la demande au prix. On y présentera, de façon détaillée, les aspects théoriques de la chose ainsi que les estimations économétriques que l'on a pu obtenir dans le cas de La Réunion. Ces résultats peuvent alors recevoir plusieurs lectures dont l'une laisse à penser que la demande ne répond pas aux variations de prix (localement), essentiellement parce que le prix serait en deçà d'un seuil de perception au-delà duquel les Ménages deviendraient attentifs à leur consommation. Dans l'attente de travaux complémentaires sur cette question, la troisième section présente un modèle technico-économique (et son estimation) dont le principal intérêt est de distinguer dans la consommation les usages dits de base et ceux de confort. Il conviendrait alors, là aussi, de compléter ce travail par de nouvelles estimations à partir d'un échantillon de plus grande taille mais les résultats du modèle sont suffisamment intéressants pour pouvoir être présentés ici. Par ailleurs, il peut servir de base (*i*) au dessin d'un tarif permettant de ne pas surtaxer les usages de base, voire encore (*ii*) d'apprécier l'efficacité du processus de consommation des Ménages résidant à La Réunion en comparant les estimations avec celles qui seraient obtenues pour des Ménages métropolitains, voire des autres DOM. Pour finir, la section 5 conclut en discutant d'un certain nombre de recommandations que l'on peut faire au regard de ces résultats. Elle s'attachera également à présenter les enseignements que l'on peut tirer des expériences qui ont été menées, en la matière, à l'étranger, aux Etats-Unis en particulier où la question de la régulation de la demande par le prix a fait l'objet d'une grande attention. On conclura en soulignant que le présent rapport, comme apparent, se concentre sur la question de la consommation d'eau de la part des Ménages. S'agissant alors de la consommation agricole et de l'eau d'irrigation, le lecteur intéressé pourra se reporter aux travaux de Richefort (CERESUR - Université de La Réunion) qui réalise actuellement une thèse sur le sujet.

2 Constats

2.1 Les consommations

Ce paragraphe se centre sur un fait à présent bien connu : le fait que la consommation des Ménages en matière d'eau potable soit, à La Réunion, très nettement au-dessus de celles des autres régions françaises. De façon précise, la consommation par jour et par habitant à La Réunion est estimée à 269 litres par l'Ifen (année 2004) et à 260 litres par Binet et *alii* [2004], ce qui est effectivement très supérieur à la moyenne nationale qui est de 165 litres /jr /hab (pour l'année 2004, toujours selon l'Ifen (Enquête Eau 2004)). En moyenne, un résidant de La Réunion consomme ainsi 63% de plus qu'un métropolitain. Il est à noter que les statistiques fournies par l'Ifen sont calculées en rapportant le total des volumes facturés (et non le total des prélèvements) au nombre de résidants. Par suite, l'état du réseau, les fuites en particulier, ne joue aucun rôle dans la genèse de ces écarts et il en va de même pour les estimations de Binet et *alii* [2004] qui sont obtenues à partir d'un panel de factures recueillies auprès des Ménages¹.

La figure 1 qui donne la distribution des consommations moyennes par région montre alors que La Réunion est celle où la consommation est la plus forte, nettement devant la région PACA (272 litres, soit une différence de 12%) et la Corse (230 litres, soit une différence de 17%). Le même constat tient aussi pour la consommation par abonné (*cf.* figure 2) qui est, quelle que soit la commune considérée, très largement supérieure à 150 mètres cube, soit la consommation moyenne d'un Ménage de quatre personnes selon le Centre d'Information sur l'Eau (la taille moyenne des Ménages à La Réunion était, au dernier recensement 99, de 3.49 personnes (source INSEE Réunion)).

Pour finir, si la comparaison avec la métropole peut sembler biaisée, à tout moins artificielle compte tenu de la forte différence de climat (tropical *vs* tempéré), on ne manquera pas de souligner que cette différence dans les niveaux de consommation subsiste lorsque l'on compare La Réunion avec les autres DOM. On observe en particulier un écart de 56% (97 litres) avec la Martinique, de 40% avec la Guadeloupe (77 litres) et de 117% avec la Guyane, ie un résidant réunionnais consomme, en moyenne, deux fois plus qu'un résidant guyanais. Le sens de ces comparaisons est d'établir alors que le facteur climatique n'est pas le seul élément à l'oeuvre pour expliquer la différence constatée avec la métropole.

¹Les deux chiffres diffèrent, en premier lieu à cause de l'échantillonnage, mais aussi parce que les consommations enregistrées au niveau d'une région ne sont pas toutes celles des résidants. S'y ajoutent en particulier les consommations des touristes qui sont alors imputées à tort, dans le mode de calcul retenu par l'IFEN, à des Ménages locaux. *In fine*, on a ainsi une sur-estimation de la consommation des résidants avec un correctif qui peut être d'importance dans les régions où la fréquentation touristique est forte. A La Réunion, le tourisme représentait en 2003 19 500 habitants sur l'année, soit un peu moins de 3% de la population (*cf.* DIREN Réunion [2005]).

L'exploitation des données de l'enquête DIREN 2004 permet de compléter ces premiers éléments (*cf.* annexe 1 pour une présentation de ladite enquête). On note en particulier (*i*) une légère différence entre la saison sèche et la saison humide, 250 *vs* 280 litres par jour et par habitant, et (*ii*) des écarts significatifs dans les consommations moyennes selon les micro-régions. Notamment (*cf.* tableau 1), les Ménages résidant dans l'Est ont une consommation nettement inférieure à la moyenne départementale (190 litres /jr / hab), au contraire de ceux habitant dans l'Ouest (330 litres /jr / hab). Là aussi, si ces différences peuvent être reliées à des différences climatiques, La Réunion étant un territoire qui connaît une grande variété de climats, de sa pluviométrie en particulier, elles vont également de pair avec des écarts importants dans les niveaux de revenu (voir figure 3). Si ces deux facteurs vont *a priori* dans le même sens, on s'attend à ce que les consommations d'eau augmentent avec les revenus, il s'agira par la suite de quantifier ces effets et de répartir la différence entre ce qui relève de l'aspect climatique et ce qui relève de l'aspect revenu.

Le second intérêt de l'enquête DIREN 2004 est de fournir une information sur la distribution des consommations. Binet et *alii* [2004], en coupant l'échantillon en trois selon que la consommation moyenne /jr /hab est inférieure à 150 litres, soit la valeur moyenne calculée pour la Métropole, comprise entre 150 et 260 litres, ou supérieure à 260 litres, soit la valeur moyenne calculée pour La Réunion, montrent alors deux résultats d'importance.

- Le premier est qu'une grande partie des Ménages réunionnais, en l'espèce un peu moins de 35%, en ayant une consommation par jour et par habitant inférieure à 150 litres, ont de fait une consommation qui peut être considérée comme « *économe* » au regard des critères généralement retenus par les études métropolitaines.
- Le second est que la différence avec la métropole, s'agissant toujours des consommations moyennes par jour et par habitant, repose sur une frange de « *gros* » consommateurs, ces derniers représentant alors 30% de la population des sondés.

Plus précisément et comme indiqué au tableau 2, le calcul de la moyenne pour les Ménages dont la consommation /jr /hab est inférieure à la moyenne locale fournit un chiffre qui est proche de la moyenne nationale, en l'occurrence de 135.6 litres /jr /hab. Ce faisant, il apparaît que l'écart avec la métropole, 165 *vs* 260 litres, parce que la moyenne de 135.6 litres va être tirée vers le haut avec l'inclusion du reste de l'échantillon, repose *prima facie* sur cette frange de gros consommateurs. Ces derniers pèsent alors de façon conséquente dans le total de la consommation, en l'occurrence pour plus de 60%, avec une consommation moyenne qui, en se fixant à 530 litres /jr /hb, est le double de la moyenne régionale.

Suite à ce résultat, Binet *et alii* [2004], en comparant les caractéristiques des petits (moins de 150l/jr/hab) et des gros consommateurs (plus de 260 l/jr/hab), rapportent alors :

- que la taille du Ménage chez les premiers est plus importante ;
- que les différences entre le nombre d'adultes ayant un emploi (au sein du Ménage), le nombre de lessives effectuées durant une semaine et la fréquence d'utilisation du lave-vaisselle ne sont pas significatives.

D'autre part, il s'avère :

- que les ouvriers sont la modalité professionnelle la plus citée parmi les petits consommateurs (ils représentent 23.3% de la population contre 13.5% chez les gros) ;
- que la catégorie des retraités chez les gros consommateurs est la plus nombreuse (38.5% contre 10% chez les petits) ;
- que la majorité des gros consommateurs (67.3%) sont propriétaires de leur logement, au contraire donc des petits qui sont pour la plupart locataires.

En appliquant des méthodes d'analyse des données, Binet *et alii* [2004] dressent également une typologie complémentaire avec au sein de l'échantillon :

- un groupe "*d'économies*" constitué d'individus plutôt jeunes (36 ans de moyenne d'âge), ayant des enfants (3.82 personnes au sein de ces Ménages en moyenne) et dont la consommation par jour et par habitant (180 litres en moyenne) est proche de la moyenne nationale ;
- un groupe complémentaire constitué d'individus plus âgés (58 ans de moyenne d'âge), vivant en couple, sans enfant au domicile et dont la consommation est importante (350 litres /jr /hab).

En résumé, on peut donc considérer comme acquis le fait qu'il existe un écart de consommation significatif et d'importance entre La Réunion et la métropole, voire encore entre La Réunion et les autres DOM. Cet écart ne provient pas, en particulier, de l'état du réseau et il est d'une trop grande ampleur pour pouvoir relever des seules différences climatiques. Parallèlement, ce chiffre moyen de 269 litres par jour et par habitant masque une grande hétérogénéité des consommations individuelles. Ces dernières sont, en particulier, tout à fait comparables avec la moyenne métropolitaine pour une majorité de résidents, les 2/3 de l'échantillon selon l'enquête DIREN 2004. Le tiers restant est en revanche un groupe de gros consommateurs dont les demandes sont fortes (plus de 500 litres par jour et par habitant) et qui pèsent de façon importante dans le total de la consommation (66%). Cette catégorie de Ménages se différencie alors du reste de la population par un certain nombre de caractéristiques : ils sont notamment assez âgés et propriétaires de leur logement. L'habitat individuel s'accompagnant souvent, à La Réunion, de la jouissance d'un jardin, cet

élément conduit à s'interroger sur l'importance des usages extérieurs dans la consommation. Par ailleurs, il contraste également avec un fait mis en évidence par plusieurs études en métropole, en l'occurrence la tendance des Ménages à faire plus attention à leur consommation lorsqu'ils sont plus âgés (*cf* notamment Maresca et *alii* [1997]).

2.2 Les tarifs

2.2.1 Les modes de gestion

La première chose à noter est que ce sont les communes qui ont la responsabilité du service public de l'eau. Ces dernières peuvent alors (*i*) gérer elles-mêmes le service, c'est le système de la régie, ou (*ii*) le déléguer à une entreprise privée au moyen d'un contrat d'affermage ou de concession. La différence entre les deux baux tient à ce que les investissements sont financés par la collectivité dans le premier cas et par l'entreprise exploitante dans le second. Dans tous les cas figure, le prix de l'eau est fixé par la commune, au moyen d'une délibération du conseil municipal (dans le cas d'une délégation de service public, les tarifs pratiqués par la société ont alors fait l'objet d'une négociation entre la commune et le prestataire).

Dans ce cadre, le prix de l'eau est la contrepartie de deux grands services. Le premier, la distribution, consiste à acheminer l'eau potable auprès des Ménages, après l'avoir donc collectée et traitée. Le second, l'assainissement, porte sur le traitement des eaux usées. Cette dernière opération se divise précisément en trois grandes prestations qui consistent (*i*) à récupérer l'eau potable après usage, (*ii*) à la transférer jusqu'à une station de traitement puis, pour finir, (*iii*) à la rendre au milieu naturel. La délégation de service peut alors porter sur l'un ou l'autre de ces services, un cas fréquent étant celui où la commune s'occupe de l'assainissement, la société privée gérant la fourniture de l'eau potable. Dans ce cas de figure, on parle de mode mixte.

Ces éléments étant précisés, le tableau 3 donne les modes d'organisation qui ont été retenus par les 24 communes de La Réunion, cela pour l'année 2005.

- En ce qui concerne la distribution, on note deux communes en régie, La Plaine des Palmistes et Sainte Rose, les 22 restantes ayant opté pour une délégation avec un contrat d'affermage. Les prestataires sont au nombre de trois : la CGE (10 communes), la CISE (11 communes) et la SAPHIR (1 commune, celle de Cilaos).

En termes d'abonnés, les communes en régie représentaient alors moins de 2% de la population (pour l'année 2003, source DIREN 2005) et les fermiers les 98% restant dont 64% la CGE (170 000 abonnés), 33% la CISE % (88 000 abonnés) et 1% la SAPHIR.

- En ce qui concerne à présent l'assainissement collectif, on remarque que quatre communes ne fournissent pas de services en la matière (la Plaine

des Palmistes, Petite-Île, Salazie et Saint-Philippe) avec dans les vingt municipalités restantes un grand nombre d'abonnés qui ne sont pas, parallèlement, non plus connectés à un réseau d'eaux usées (selon le SDAGE [2002], un peu moins de 60% des Ménages n'étaient pas connectés à un réseau d'assainissement²).

- Pour finir, il s'avère que la délégation de service public pour la distribution s'accompagne, le plus souvent, d'une délégation pour l'assainissement (15 communes). Le mode mixte concerne quant-à-lui quatre communes.

On notera alors que le pourcentage de communes qui ont choisi de déléguer la gestion de l'eau à La Réunion est très supérieur au taux métropolitain, ce dernier se fixant à 55% dans le cas de l'alimentation en eau potable (source Enquête Eau 2004). L'ifen [2007] souligne la spécificité des DOM en la matière étant entendu toutefois que ce taux est d'autant plus fort que la taille de la commune est importante (il atteint notamment les 80% dans les communes de plus de 10 000 habitants).

2.2.2 Les prix de l'eau à La Réunion - constat

L'existence de deux services fait que la facture d'eau se divise en deux grandes rubriques : (i) un poste "*distribution*" et (ii) un poste "*collecte et traitement des eaux usées*". Le plus souvent, chacun de ces postes spécifie alors un abonnement et un prix du mètre cube qui peut varier à son tour, selon des tranches de consommation, dans le cas des tarifs progressifs. Ces deux composantes du tarif se divisent également entre une part commune et une part distributeur pour les municipalités qui ont délégué la gestion de l'eau à une société spécialisée. Pour finir, s'ajoutent à ces prestations (i) des taxes et (ii) des redevances. Ces dernières sont liées aux prélèvements dans le milieu naturel ; elles sont versées aux Agences de l'eau qui les redistribuent à leur tour sous la forme d'aides à l'investissement (financement de travaux d'adduction, de collecte des eaux usées et de lutte contre la pollution³). L'INC rapporte que le poste distribution représente, en moyenne, 45% de la facture, l'assainissement 31%, les redevances pollution et préservation des ressources 15% et les taxes nationales 9%.

S'agissant à présent de La Réunion, la première chose à noter est que l'intégralité des communes pratiquent une tarification progressive, ce qui constitue là aussi une spécificité du Département. En France métropolitaine, la majorité des municipalités appliquent en effet un tarif binôme spécifiant un abonnement et un prix du m³ constant. Reprenant les données de Coutellier & Le Jeannic [2007], 68% des communes appliquaient ce type de tarif pour l'eau potable en 2004 et

²Le fait qu'un abonné ne soit pas connecté à un réseau ne signifie pas qu'il ne supporte pas un coût d'assainissement. Dans ce cas de figure, le Ménage a en effet à sa charge l'installation et l'entretien d'un équipement individuel (en principe).

³On notera que le FNDAE (fonds national pour le développement des adductions d'eau) qui servait à financer des travaux pour le compte des communes rurales a été supprimé le 30 décembre 2004, avec effet au 1 janvier 2005.

88% faisaient de même pour l'assainissement. Les tarifs progressifs concernaient en revanche 6% des municipalités dans le cas de l'accès à l'eau potable et 4% dans le cas de l'assainissement. L'ifen précise également que certaines communes pratiquent un tarif dégressif (5% dans le cas de l'assainissement), voire encore tarifient en appliquant un simple forfait (2.2% de la population des communes). Ce mode de facturation relève en fait des dispositions exceptionnelles de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, le principe étant une facturation par laquelle le montant varie en fonction de la consommation de l'abonné.

Le fait que le tarif soit progressif pose alors problème dans la mesure où il interdit, en toute rigueur, de parler du prix de l'eau (ce dernier n'est pas unique et il y a autant de prix unitaires qu'il y a de niveaux de consommation). Pour répondre à cette difficulté, la pratique consiste à calculer un prix moyen sur la base d'une consommation type de 120 m³ par an (*cf.* Montginoul [2002] pour une discussion de cette norme). Reprenant les données collectées par la DAF Réunion, la figure 4 donne alors la distribution de ces prix à l'Ile de La Réunion. La valeur moyenne se fixant à 1.40 euros pour les communes avec assainissement collectif (Coutellier et Le Jeannic [2007]), l'examen de ces données conduit à deux constats principaux.

Le premier est qu'il existe une grande diversité dans les tarifs, le prix du mètre-cube (assainissement compris) variant entre 1.07 (Le Port) et 2.53 euros (Trois-Bassins). Cette disparité tarifaire à l'échelle communale, tout en demeurant importante, est toutefois moins forte qu'en métropole où 10% des communes facturent le mètre cube à moins de 1.10 euro et 10% à plus de 4.10 euros (pour l'année 2004, Coutellier & Le Jeannic [2007]). Elle peut sembler cependant étonnante pour un petit territoire comme La Réunion mais elle tient, pour partie, à des conditions d'exploitations différentes. La densité de l'habitat, la superficie du territoire et le linéaire de réseau varient en effet grandement selon les communes (*cf.* DAF [2006]) auquel cas il en va de même pour la longueur de la conduite par abonné et cela se révèle jouer de fait sur le coût du service. D'autre part, la qualité de l'eau prélevée importe également. Ainsi, selon le SDAGE [2002], les volumes distribués se rapportent pour moitié à des prélèvements de surface, une eau qui requiert (normalement) des traitements plus coûteux pour la potabiliser que les eaux souterraines (1.75 contre 1.37 euro, en moyenne, selon l'ifen [2007]). Il peut en résulter là aussi des différences importantes entre communes.

Le tableau 5 fournit alors une estimation des coûts unitaires de production et de distribution d'eau potable pour 16 communes réunionnaises (on pourra se référer au document joint n°1 pour l'exposé des méthodes utilisées). On note alors que, s'il existe effectivement une certaine variabilité dans le coût de production, l'échelle est, pour les données dont on dispose, légèrement plus resserrée qu'en métropole (les coûts varient entre 1.11 et 1.51 euros à La Réunion, du simple au double selon les départements en métropole (Coutellier & Le Jeannic [2007])). De ce point de vue, la dispersion des coûts pour La Réunion ne semble pas suffisante pour rendre compte de la variabilité des tarifs. Qui plus est, le

croisement des coûts et des prix ne permet pas de conclure à une corrélation positive entre ces deux variables (*cf.* figure 5). Ces éléments laisse alors à penser que d'autres facteurs, en complément du coût, entrent en ligne de compte dans la détermination du tarif.

Le second constat est que ces tarifs sont (*i*) nettement inférieurs à la moyenne nationale (3.01 euros en 2004, redevances comprises) et, en particulier, (*ii*) nettement inférieurs aux tarifs pratiqués dans les autres DOM (3.7 euros en Guadeloupe, 3.3 euros en Martinique, 1.8 euro en Guyane). Ils sont de plus dans le bas de la distribution des moyennes départementales, le prix le moins cher se fixant à 2.2 euros (Département de la Haute-Soane)⁴.

Le point est alors que ces faibles niveaux de prix subsistent lorsque l'on distingue les tarifs selon la nature du service. Cela est tout d'abord le cas, sans ambiguïté, s'agissant de l'assainissement pour lequel l'ensemble des municipalités sont nettement en deçà de la moyenne nationale (1.55 euros, *cf.* figure 6) et cela le demeure en ce qui concerne l'accès à l'eau potable (*cf.* figure 7). En particulier, s'il est vrai que les prix pratiqués par plusieurs communes réunionnaises sont proches, voire légèrement au-dessus de la moyenne nationale (1.46 euros lorsque l'assainissement est fourni, 1.62 euros lorsque l'abonné n'est pas raccordé à un réseau d'eaux usées (ifen [2007])), la différence entre La Réunion et la métropole devient à nouveau significative lorsque l'on compare les prix selon les modes de gestion (*cf.* tableau 6). De ce point de vue, le fait que plusieurs communes réunionnaises soient dans la moyenne nationale s'agissant de l'AEP repose sur un effet de composition et le poids plus important des régies en métropole, un mode d'exploitation dont on sait qu'il se caractérise par des prix bas⁵. Cet élément est alors d'autant moins attendu que les prises d'eau superficielles sont relativement plus importantes à La Réunion. Selon le SDAGE 2002, elles concernent en effet 48% des volumes distribués et 56% de la population contre, respectivement, 1/3 et 43% pour le total national (ifen 2007)⁶. Par suite, on s'attend à ce que le niveau de coût soit plus élevé à La Réunion,

⁴De plus, dans une perspective européenne, "*les Français ne paieraient pas leur eau très cher*" selon Nus Consulting, le prix moyen auquel font face les particuliers (2.92 euros par mètre cube dans les grandes villes) étant en deçà de la moyenne européenne (3.25 euros selon le cabinet). Seuls l'Espagne, l'Italie, la Finlande et la Suède seraient moins chères que la France.

⁵Les écarts (constatés) de prix entre les régies et le secteur privé reposent sur des différences dans les objectifs poursuivis mais pas seulement. Il semblerait en effet (*cf.* notamment Huet [2007]) que les conditions d'exploitation sont, en moyenne, plus difficiles dans le cas d'une gestion par le privé. En d'autres termes, les communes auraient d'autant plus tendance à déléguer la gestion de l'eau que les conditions d'exploitation sont délicates. Cet élément fait qu'il existe une tendance naturelle à ce que les prix pratiqués par les sociétés privés soient au-dessus des tarifs des régies.

⁶Plus précisément, huit communes sur dix alimentent 56% de la population avec une eau d'origine souterraine (exclusivement) et 18% de la population résidant dans 9% des communes se voient distribuer une eau superficielle (exclusivement). Le solde, au 1% de la population qui n'est pas desservie, est alors alimenté selon un mode mixte. A La Réunion, 11 communes exploitent en majorité des ressources superficielles et 13 des ressources souterraines (source DIREN [2005]).

compte tenu des traitements plus lourds que requiert la potabilisation de l'eau de surface (en moyenne), ce qui devrait alors se traduire par des niveaux de prix plus élevés.

2.2.3 La structure des tarifs

On peut s'intéresser au caractère plus ou moins incitatif de la tarification en appréciant son niveau, sa progressivité et l'importance de la part fixe, cette dernière étant, à l'origine, destinée à couvrir les frais de gestion des installations. L'idée, évoquée notamment dans ifen [2007], consiste à dire que le mariage d'un abonnement élevé et d'un prix unitaire faible peut générer des comportements peu économes chez les Ménages, notamment chez les petits consommateurs. A l'inverse, on s'attend à ce qu'un abonnement faible et un prix du mètre cube élevé, voire encore l'instauration de tarifs progressifs avec des prix du mètre cube qui augmenteraient de façon rapide conduisent les Ménages à surveiller leurs consommations.

La figure 8 qui donne la distribution des parts fixes (assainissement compris) pour plusieurs communes de La Réunion montre alors que le montant de l'abonnement varie fortement selon les municipalités. On constate en particulier qu'un grand nombre de municipalités se situe de part et d'autre de la moyenne nationale (56 euros par an) avec des montants qui, en approchant les 100 euros, peuvent être considérés comme élevés (les régions françaises les plus chères sont la Corse (109 euros), PACA (106 euros) et la Bretagne (90 euros), source ifen [2007]). Le tableau 6 qui positionne les communes dans la distribution nationale confirme, dans une large mesure, ce constat⁷.

Le second exercice consiste à apprécier le niveau et la progressivité du tarif. Ceci peut alors se faire de façon simple, en combinant trois critères.

- Le premier consiste à calculer le niveau de consommation à compter duquel le coût total moyen, défini comme le ratio :

$$\lambda = \frac{\textit{montant de la facture}}{\textit{consommation}} \quad (1)$$

augmente avec les usages (on pourra se référer à l'annexe 2 pour les principales propriétés de ce critère).

- Le second compare le prix moyen d'un mètre cube, hors abonnement, pour deux niveaux de consommation : un faible et un fort.

Une progressivité forte doit alors se traduire par un accroissement significatif de ce prix variable moyen.

⁷Ce classement doit être relativisé, plusieurs communes étant à la marge d'être positionnées dans la classe immédiatement supérieure ou immédiatement inférieure.

- Le troisième enfin consiste à calculer la moyenne de ces prix variables moyens sur un certain intervalle de consommation.

Ce dernier indicateur peut alors s'interpréter comme donnant le prix qui est payé, en moyenne, par une population dont la consommation est distribuée de façon uniforme dans ledit intervalle. On évalue ainsi un niveau absolu de tarification.

Les figures 9 et 10 illustrent la nature de ces calculs. La première donne le graphe du ratio (1) en fonction de la consommation, pour deux exemples de tarif pratiqués à La Réunion. Comme représenté, le coût total moyen augmente à droite d'un certain seuil q_0 , cette dernière valeur caractérisant alors la progressivité du tarif au sens où plus q_0 est petit, plus vite le prix moyen augmente et plus le tarif peut être considéré comme progressif (la courbe verte décrit ainsi un tarif qui est plus progressif que celui correspondant à la courbe en noir). On notera que c'est précisément cet indicateur qui est utilisé par la DIREN dans son état de lieu de 2005. Une de ses limites toutefois est qu'il est incomplet, certains tarifs, tant bien même ils sont progressifs, pouvant se traduire par des coûts totaux moyens qui sont toujours décroissants (cela est notamment le cas de bon nombre de communes réunionnaises, voir tableau 8).

La figure 10 rend compte de la détermination des deux autres critères. Partant de la partie variable de la facture (on raisonne donc hors abonnement), on calcule un prix moyen par mètre cube qui est de fait croissant avec la consommation (cela est une propriété très générale vérifiée par n'importe quel barème progressif). On fait donc :

$$\gamma = \frac{\text{montant de la facture} - \text{abonnement}}{\text{consommation}} \quad (2)$$

L'évaluation de ce prix en deux niveaux de consommation, un faible et un fort, permet alors d'apprécier la plus ou moins grande propension du tarif à faire augmenter le prix (unitaire) en fonction de la quantité consommée (*cf* la droite en rouge). Parallèlement, le niveau du tarif s'apprécie en calculant, sur un intervalle $[a, b]$ bien déterminé, la moyenne de ces prix unitaires au moyen de la formule :

$$\bar{\gamma} = \frac{1}{b-a} \int_a^b \gamma(x) dx$$

Par la suite, plus cette moyenne est élevée et plus les niveaux de prix peuvent être considérés comme importants.

A ce stade, on notera que la combinaison de deux indicateurs, un caractérisant la progressivité et l'autre le niveau, est absolument nécessaire dans la mesure où il ne suffit pas que le tarif soit progressif pour être incitatif et réciproquement. Ainsi, un tarif peu progressif peut inciter à une consommation économe pour peu que le prix du mètre cube soit, dès les premières unités, élevé.

Ce niveau moyen du tarif est alors mesuré par la grandeur $\bar{\gamma}$. De même, un tarif fortement progressif avec des prix du mètre cube initialement bas peut lui aussi conduire à de faibles volumes consommés. Cette progressivité est alors mesurée par le rapport :

$$\frac{\gamma_1 - \gamma_0}{\gamma_0}$$

littéralement “*De combien le prix unitaire augmente-t-il en % ?*”, avec γ_1 et γ_0 les prix variables moyens pour les deux seuils de consommation considérés (le cas échéant $\gamma_1 = \gamma(b)$ et $\gamma_0 = \gamma(a)$).

Le tableau 8 fournit alors les résultats de ces calculs pour les données communales dont nous disposons. Compte tenu de la typologie mise en évidence par Binet *et alii* [2004], le choix pour les seuils de consommation s’est porté sur 39.6 et 190.8 mètres cube, soit les équivalents sur l’année des consommations moyennes d’un petit consommateur (110 litres /jr /hab) et d’un gros consommateur (530 litres par jour et par habitant)⁸. Pour ne pas alourdir la lecture, ces seuils sont également utilisés pour le calcul de la moyenne des prix unitaires (l’intervalle de consommation retenu est donc [39.6, 190.8]), cette dernière étant en fait peu sensible à la variation de l’intervalle. On notera également que les valeurs prises par le premier indicateur, le niveau de consommation à compter duquel le coût total moyen augmente, sont données à titre indicatif. Ce critère n’est pas en effet totalement satisfaisant ; il peut notamment amener à considérer comme équivalents deux barèmes dont l’un est à l’évidence plus progressif que l’autre (*cf.* annexe 3 sur ce point).

L’examen du tableau 8 conduit alors à deux résultats principaux.

- Le premier est qu’il existe, au sein des communes de La Réunion, une grande variabilité dans la progressivité du tarif.

Comme le montre la figure 11, certaines municipalités ont en effet opté pour des tarifs très progressifs avec un fort enchérissement du prix du mètre cube (de l’ordre de 40%). D’autres en revanche appliquent des tarifs quasiment plats dans lesquels la croissance du prix moyen est inférieure à 5%.

- Le second est qu’il existe, pour un large groupe de communes, une certaine forme d’arbitrage entre le degré de progressivité et le niveau de prix du tarif.

La figure 12 qui croise la moyenne des prix unitaires avec la progressivité du tarif, cela dans l’optique de repérer les (éventuelles) associations, s’attache à

⁸ Les volumes en question, parce qu’ils se rapportent à une seule unité de consommation, diffèrent de la consommation d’un Ménage réunionnais représentatif (3.8 personnes en moyenne, *cf.* recensement INSEE 99). On notera toutefois qu’il ne suffit pas, compte tenu des consommations collectives, de multiplier ces volumes par la taille du Ménage pour pouvoir obtenir sa consommation. De plus, ces deux seuils ne sont pas loin de bien encadrer la consommation référence de 120 mètres cube.

mettre en évidence ce point. On fait ainsi le constat, tout d’abord, d’un mini-groupe de communes qui se différencient des autres en jouant à la fois sur le niveau et la progressivité du tarif. Parallèlement, il existe une seconde catégorie de communes pour lesquelles il apparaît une relation négative (mais un peu lâche) entre la progressivité et la moyenne des prix unitaires, ce qui traduit une certaine forme de substituabilité entre les deux instruments. En d’autres termes, des tarifs fortement progressifs seraient associés, le plus souvent, à des niveaux de prix globalement faibles.

2.3 Les corrélations

Ayant fait le constat d’un fort niveau de consommation et d’un faible niveau de prix, la question de l’impact du prix sur la consommation, dans une optique de régulation de la demande, se pose alors de façon très naturelle. Le retard en matière d’assainissement de la Réunion (*cf.* SDAGE 2002) et l’expérience métropolitaine en la matière y poussent également.

Plus précisément, il est acquis que la consommation d’eau des Ménages a nettement baissé au cours des années 90 (*cf.* tableau 9) dans un contexte où le prix de l’eau a quant-à-lui fortement augmenté. Ainsi, selon Nauges et Thomas [2000], le prix moyen du mètre cube, calculé sur la base d’une consommation de 120 mètres cube, passe de 8.60 francs en 1990 à 10 francs en 1993, puis à 14.10 francs en 1995, soit un (quasi) doublement sur 5 ans. Ces fortes augmentations se sont alors poursuivies par la suite la DGCCRF rapportant notamment une hausse de la facture moyenne de près de 52 %, entre 1992 et 1999, dans un contexte où les prix à la consommation ont progressé de 10.7 %.

Ces évolutions à la hausse du prix de l’eau s’expliquent alors (*i*) par des aspects techniques, notamment l’accroissement des coûts de pompage de par le niveau de plus en plus faible des nappes phréatiques, et (*ii*) par la mise en place de nouvelles réglementations avec, en particulier, (*a*) l’instauration d’une obligation pour les communes de construire des stations d’épuration (directive 91/271/CEE du 21 mai 1991) et (*b*) l’instruction comptable M49 qui impose un principe de séparation budgétaire par lequel “*l’eau doit financer l’eau*”. En d’autres termes, les recettes du budget général des municipalités ne peuvent servir à équilibrer le budget des services de l’eau et, réciproquement, les excédents d’exploitation du service de l’eau ne peuvent pas être transférés dans le budget communal.

Ces deux dispositions se combinant, les communes n’ont alors eu d’autre choix que de répercuter les investissements dans le réseau (près de 100 milliards de francs, valeur 1994, selon le Ministère de l’Environnement) sur le prix (+ 72% d’augmentation pour le prix de l’assainissement, selon l’Ifen). Devant la forte augmentation de la facture qui s’en est suivie, le sentiment est alors que les Ménages, parce que le poids de l’eau a augmenté dans le budget, ont développé des pratiques économes et réduit leurs consommations. Compte tenu, une nou-

velle fois, du retard du Département en matière d'assainissement, il est alors naturel de se demander si un tel schéma peut se reproduire pour La Réunion, voire encore si des leçons peuvent être tirées de l'expérience métropolitaine de façon à gérer au mieux la transition. Par exemple, on sait que, compte-tenu des faibles élasticités de la demande (voir plus loin), les seules hausses de prix ne sont pas suffisantes pour rendre compte de la baisse observée des consommations des Ménages. Des mesures autoritaires, comme l'interdiction des lavages de voiture par exemple, et les campagnes de sensibilisation ont de fait joué aussi un rôle important.

Le croisement de la consommation avec certaines caractéristiques du tarif amène alors à penser que ces éléments risquent de jouer aussi un rôle dans le cas de La Réunion, certaines relations présentant un caractère ambigu. Plus précisément, le croisement par commune des consommations moyennes et des prix unitaires montre une corrélation négative entre ces variables. Globalement, cette dernière tient que le prix de l'eau soit calculé pour une consommation type de 120 mètres cube ou comme la moyenne de prix unitaires variables et elle tient encore lorsque l'on croise la consommation avec le seul prix AEP (Accès à l'Eau Potable, *cf* figures 13, 14 et 15). En revanche, aucune relation claire ne ressort d'un croisement consommation / prix AE (Accès Assainissement) et, de même pour un croisement consommation / progressivité du tarif (*cf* figures 16 et 17). Pour finir, le croisement de la consommation avec le poids de l'abonnement dans la facture, ce dernier pouvant aller jusqu'à 40% du total (toujours pour une consommation type de 120 mètres cube), ne permet pas non plus de conclure sur le signe de la corrélation (voir figure 18).

Ces constats sont, pour certains d'entre-eux, singuliers et peuvent recevoir des explications ponctuelles. Ainsi, par exemple, on a vu plus haut que, pour un grand nombre de communes, une plus forte progressivité s'accompagnait d'un plus faible niveau de tarif avec des effets sur la consommation qui sont alors susceptibles de se compenser. Afin de tenir compte au mieux de ces aspects, il convient alors d'aller au-delà de la simple corrélation et de procéder à l'estimation d'une fonction de demande en faisant usage des outils de l'économétrie. Le principal intérêt de ces méthodes est qu'elles permettent de raisonner toutes choses égales par ailleurs et, à ce titre, de bien se prêter à des exercices de simulation tarifaire.

3 Les déterminants de la demande

Il existe un large consensus parmi les économistes concernant les variables qui doivent entrer dans une fonction de demande d'eau. Le prix, le revenu, les caractéristiques des Ménages (taille, composition), les caractéristiques de leur habitat (superficie, collectif ou individuel) et ceux de leurs équipements (détection d'une lave-vaisselle, d'un lave-linge économe ...) sont les facteurs les plus communément cités. On peut penser également que le climat, dans les régions où les usages extérieurs (jardin, piscine) sont importants, joue également un rôle.

3.1 La sensibilité au prix / aspects théoriques

3.1.1 Principe

Du point de vue de la théorie économique, la détermination d'une fonction de demande obéit à un principe simple par lequel "*le consommateur choisit, le panier qu'il préfère parmi ceux qui sont possibles pour lui*" (Debreu [1984]). Du point de vue technique, la modélisation de ce choix requiert de confronter les goûts (ou préférences) du consommateur à un ensemble de demandes possibles qui décrit ce que le Ménage peut a priori consommer. Ce dernier résulte lui-même de la combinaison d'un ensemble de consommation et d'un ensemble de budget qui dépend du mode de tarification retenu.

Les figures 19, 20 et 21 rendent compte de cette construction dans un cadre simple à deux biens, 1 et 2, avec une tarification simple dans laquelle les prix unitaires, p_1 et p_2 , ne dépendent pas des quantités consommées.

Notant q_1 la consommation d'eau potable et q_2 la consommation des "*autres biens*", la figure 19 représente l'ensemble de consommation \mathbb{Q} qui regroupe, par définition, les paniers $q = (q_1, q_2)$ qu'il est physiquement possible de consommer. Cet ensemble spécifie ici des consommations minimales en biens 1 et 2, \underline{q}_1 et \underline{q}_2 , que le Ménage doit impérativement satisfaire dans ses décisions de consommation. On retombe ainsi sur une notion de minimum vital qui, entendu au sens large, rend compte d'une consommation incompressible, jugée ou perçue comme telle par le Ménage, dans des conditions normales d'activité. Le cas échéant, cette consommation minimale peut être reliée à son tour aux équipements, à la taille et à la composition de la famille, aux volumes d'eau nécessaires à l'entretien (minimal) du jardin etc. ... (*cf.* notamment Gaudin, Griffin & Sickles [2001]).

La figure 20 représente quant-à-elle l'ensemble des paniers de consommation que le Ménage peut se procurer face à une tarification comprenant (i) un abonnement (ou partie fixe) F et (ii) une partie variable $p_1 q_1 = c q_1$, avec $p_1 = c$ le prix d'un mètre-cube d'eau, supposé ici constant⁹. Par construction, tous les

⁹Compte tenu de l'abonnement, ce dernier correspondant au paiement d'un droit d'accès, on parle aussi de tarifs binomes. Le paragraphe suivant traite le cas des tarifs progressifs.

points situés en dessous ou sur la droite représentent des paniers que le Ménage peut acheter, compte tenu de sa contrainte de budget qui s'écrit à l'origine :

$$B \geq F + cq_1 + p_2q_2$$

avec B le revenu (ou budget) du Ménage (en considérant toutefois que le consommateur s'acquitte du droit d'accès, ce qui sera effectivement le cas compte tenu du caractère essentiel du bien ($q_1 > 0$)). Cet ensemble est alors appelé ensemble de budget ; il est noté \mathbb{B} .

L'intersection de ces deux ensembles, l'ensemble de consommation \mathbb{Q} et l'ensemble de budget \mathbb{B} , permet alors de construire l'ensemble des demandes possibles \mathbb{D} (cf. figure 21). Par construction, ce dernier liste donc et simplement les choix possibles, en matière de consommation, qui s'offrent au Ménage.

Connaissant les choix qui s'offrent au Ménage, la détermination de ses fonctions de demande s'opère alors en résolvant le programme :

$$\max_{q_1, q_2} u(q_1, q_2) \tag{3}$$

sous les contraintes :

$$\left\{ \begin{array}{l} F + cq_1 + p_2q_2 \leq B \\ q_1 \geq \underline{q}_1 \\ q_2 \geq \underline{q}_2 \end{array} \right.$$

avec $u(\cdot)$ une fonction dite "*fonction d'utilité*" qui fournit une information sur les goûts (ou préférences) du Ménage. A ce stade, on notera que cet élément est, du point de vue théorique, indispensable dans la mesure où les goûts vont clairement conditionner la consommation d'un bien donné par un Ménage bien identifié (ou, de façon équivalente, pour expliquer les différences de consommation entre des Ménages ayant, par ailleurs, des caractéristiques proches). Du point de vue empirique maintenant, on gardera à l'esprit qu'il n'est pas nécessaire de disposer d'une information statistique sur cet élément, ie il n'est pas nécessaire d'interroger les Ménages sur leurs goûts, pour pouvoir procéder à l'estimation d'une fonction de demande.

Moyennant quelques hypothèses et conditions techniques qu'il est inutile de détailler ici¹⁰, on montre que les quantités demandées par le Ménage sont solutions du système d'équations :

¹⁰Le lecteur intéressé par ces questions pourra se reporter à Malinvaud [1983] par exemple.

$$\begin{cases} \frac{u_1(q_1, q_2)}{u_2(q_1, q_2)} = \frac{c}{p_1} \\ cq_1 + p_2q_2 = B - F \end{cases} \quad (4)$$

avec $u_1(\cdot)$ et $u_2(\cdot)$ les dérivées de la fonction d'utilité par rapport aux consommations en bien 1 et 2¹¹. La résolution de ce système permet alors de déterminer une fonction de demande qui va relier la quantité demandée (et consommée) de bien 1, ici l'eau, aux paramètres du problème, ici le revenu net du montant de l'abonnement $B - F$, le prix du m^3 $p_1 = c$ et le prix des autres biens p_2 . Formellement, on aura ainsi :

$$q_1^* = \phi(B - F, c, p_2) \quad (5)$$

avec $\phi(\cdot)$ la fonction de demande.

3.1.2 Propriétés

Disposant de la fonction (5), il s'agit de savoir comment la quantité demandée va varier avec les paramètres B , F , c et p_2 qui apparaissent ainsi comme des déterminants de la demande. Les figures 22 et 23 rendent compte de la nature de l'exercice.

La première représente l'impact d'un accroissement du montant de l'abonnement F sur l'ensemble des demandes possibles, ce qui équivaut encore à une baisse du revenu du Ménage. Face à cette hausse, on enregistre notamment une réduction de l'ensemble des demandes possibles et le panier initialement consommé (*cf.* le point E) n'est plus disponible. Le Ménage étant conduit à réviser ses décisions, nécessairement, il s'agit alors de savoir quel va être l'impact de ces ajustements sur la consommation d'eau, cette dernière pouvant logiquement baisser (on sera alors à gauche du point E), augmenter ou ne pas varier.

Dans le cas général, toutes les configurations sont alors possibles cela dépend fondamentalement de savoir si la consommation du bien augmente avec le revenu (comme l'électroménager par exemple, on parle alors de bien supérieur), ou diminue avec le revenu (comme les pommes de terre par exemple, on parle alors de bien inférieur¹²). L'observation courante, notamment le fait que les Ménages les plus aisés financièrement expriment, toutes choses égales par ailleurs, les consommations les plus fortes, montre alors que l'eau relève de la première catégorie.

¹¹De la même façon qu'il n'est pas nécessaire de savoir résoudre des équations différentielles pour une bonne pratique de la bicyclette, les Ménages n'ont nul besoin de savoir dériver et résoudre des équations pour pouvoir exprimer des choix en matière de consommation. L'important est que le Ménage se comporte de façon telle pour que ses décisions en matière de consommation correspondent, au bout du compte, aux solutions du système (3), moyennant le cas échéant une marge d'erreur.

¹²Les termes inférieurs et supérieurs, en dépit de leur connotations, doivent s'entendre comme de simples termes techniques permettant de dresser une typologie des biens.

Techniquement, la demande apparaît ainsi comme une fonction croissante du revenu des Ménages et l'on a :

$$\frac{\partial q_1^d}{\partial B} = \phi_1(R - F, c, p_2) > 0$$

auquel cas l'impact de l'abonnement sur la consommation, parce qu'il réduit le revenu disponible, est négatif :

$$\frac{\partial q_1^d}{\partial F} = -\phi_1(R - F, c, p_2) < 0$$

La figure 23 rend compte d'un exercice similaire si ce n'est que la variation porte sur le prix du m^3 , soit c . Une hausse se traduit alors, là-aussi, par une réduction de l'ensemble des demandes possibles et la question à laquelle on souhaite répondre est de même nature. Pour l'essentiel, il s'agit de savoir comment le Ménage va réagir face à cette augmentation, notamment va-t-il augmenter ou réduire sa consommation et, le cas échéant, de combien (calcul de l'ampleur de la variation). Le point est alors que, l'eau pouvant être considéré comme un bien supérieur (voir plus haut), on peut considérer comme acquis le fait qu'une augmentation de prix se traduise par une réduction de la consommation (en toute rigueur, une non augmentation). Formellement, on aura ainsi :

$$\frac{\partial q_1^d}{\partial c} = \phi_2(R - F, c, p_2) < 0$$

Pour finir, on peut également s'interroger sur l'impact du prix des autres biens. A ce stade, on notera simplement que l'eau apparaît, dans la plupart des travaux empiriques, comme un bien "*étranger*" dont la demande ne varie pas avec les prix des autres biens¹³. En règle générale, on explique alors cette propriété par la nature du bien en question avec, notamment, l'absence de substituts proches. Il a également pour conséquence de fonder un comportement très précis de la part des Ménages. Ainsi, ces derniers, face à des augmentations des prix des autres biens qui errodent de fait leur pouvoir d'achat, maintiennent le niveau de leurs usages et, par voies de conséquences, maintiennent un certain niveau d'effort en matière de budget. Cette propriété laisse alors suggérer que, dans une logique de répartition du revenu entre différents budgets (alimentation, loyer, loisirs ...), l'eau constitue un poste à part entière¹⁴.

¹³A l'exception des pays nordiques où la demande d'eau dépend négativement du prix de l'énergie, les usages étant tournés en grande vers de l'eau chaude (*cf.* Hansen [1996]).

¹⁴Ces développements, tout en relevant des fondements de l'analyse de la demande, pouvant paraître obscurs pour les non-spécialistes, le lecteur intéressé pourra se reporter à l'annexe 4 pour une illustration.

3.1.3 Le D de Nordin

Comme souligné plus haut, une des caractéristiques de la tarification de l'eau tient à la structure du tarif qui est progressive (tout du moins à La Réunion). En règle générale, cette dernière se compose en effet (i) d'une part fixe, le montant de l'abonnement, et (ii) d'une part variable qui est, le plus souvent, découpée en tranches avec des prix du m³ par tranches qui augmentent avec la consommation.

Cette progressivité du tarif, en modifiant la contrainte de budget, va alors avoir (i) un impact de fait sur l'ensemble des demandes possibles et, au bout du compte, (ii) un impact (indirect) sur les fonctions de demande des Ménages. Le point est alors que, si le système de tarification peut être considéré comme complexe, ses effets sur la demande sont, du point de vue théorique, assez simples à analyser. Pour l'essentiel, ils se ramènent en effet à bien identifier ce qui va jouer le rôle du prix et à bien mesurer ce qui va jouer le rôle du revenu.

On peut mettre en évidence ce point de façon simple en considérant un tarif à deux tranches pour lequel la contrainte de budget s'écrit :

$$F + c_1 q_1 + p_2 q_2 \leq B$$

si la consommation du Ménage le situe en tranche 1 ($q_1 \leq k_1$) et :

$$F + c_1 k_1 + c_2 (q_2 - k_1) + p_2 q_2 \leq B$$

si la consommation du Ménage le situe en tranche 2, avec c_1 et $c_2 > c_1$ les prix des m³ dans les tranches 1 et 2 (k_1 désigne le seuil). La figure 24 donne la représentation de cet ensemble de budget qui présente la particularité d'avoir une frontière coudée en un niveau de consommation précisément égal à k_1 (compte tenu de la majoration du prix du m³ passé ce seuil). La demande d'eau s'obtient, à nouveau, en maximisant la fonction d'utilité du Ménage mais dans un ensemble des possibles qui est à présent décrit par le polygone 0ABC. Clairement, ce processus peut positionner le Ménage dans la tranche 1 (segment AB) ou dans la tranche 2 (segment BC).

Par la suite, si on conçoit que la consommation du Ménage dépende, dans le premier cas, des seules grandeurs F et c_1 , on pressent également que l'ensemble des caractéristiques du tarif (soit ici F , c_1 , c_2 et k_1) sont, dans le second, à même d'affecter la consommation. Le point est alors que ces variables jouent à travers deux canaux, un effet prix et un effet revenu, qu'une simple ré-écriture de la contrainte budgétaire suffit à identifier.

Plus précisément et partant donc d'une situation où la consommation du Ménage le situe en tranche 2, sa contrainte budgétaire :

$$F + c_1 k_1 + c_2 (q_1 - k_1) + p_2 q_2 \leq B$$

peut se ré-écrire sous la forme :

$$p_1 q_1 + p_2 q_2 \leq \tilde{B} - F$$

avec :

$$p_1 = c_2$$

$$\tilde{B} = B + (c_2 - c_1) k_1$$

L'intérêt de ce changement de variables est qu'il permet de se ramener à un problème simple et connu, en l'occurrence celui de la détermination de fonctions de demande dans un cadre où (i) le système de tarification spécifie un prix du m^3 constant et égal à p_1 et où (ii) le Ménage en question disposerait d'un revenu non pas de B mais de \tilde{B} euros. Reprenant alors la solution (5) du programme (3), la consommation d'eau du Ménage vérifie (localement) :

$$q_1^* = \phi(\tilde{B} - F, p_1, p_2)$$

soit encore :

$$q_1^* = \phi(B + (c_2 - c_1) k_1 - F, c_2, p_2) \quad (6)$$

Comparant alors cette relation avec la fonction (5), il apparaît :

- que ce qui joue le rôle du prix est le coût du m^3 dans la tranche 2 (soit c_2)

et :

- que ce qui joue le rôle du revenu est un budget corrigé $\tilde{B} = B + (c_2 - c_1) \times k_1$.

En d'autres termes, la demande d'un Ménage dans un système de tarification complexe est fondamentalement la même que celle qui fait jour dans un système de tarification simple à condition (i) de bien mesurer le prix du bien, en l'espèce par le coût du m^3 dans la tranche où le Ménage se situe, et (ii) de bien mesurer le revenu, ici en le corrigeant d'un montant précisément égal à $(c_2 - c_1) k_1$. Cette correction est alors appelée le D de Nordin, du nom de l'économiste qui la mit en évidence.

Remarque *Du point de vue économique, ces équivalences tiennent à ce que, dans un système progressif, tout se passe comme si (i) le Ménage achetait l'intégralité de sa consommation au prix $p_1 = c_2$ suite à quoi, constatant qu'il a trop payé (les k_1 premières unités auraient dû être facturés au prix c_1) (ii) le fermier remboursait le trop plein-perçu $D = (c_2 - c_1) k_1$. Conceptuellement, le D de Nordin peut donc se présenter comme une économie réalisée par le Ménage, lié au fait qu'il ne paie pas l'intégralité de sa consommation au prix du mètre cube dans la tranche où sa consommation se situe (on parle alors de prix marginal).*

Remarque Partant de ce cas simple, on généralise sans peine au cas où le nombre de tranches est quelconque de sorte que, pour un consommateur situé en tranche j , sa fonction de demande sera donnée par :

$$q_1^d = \phi(B - F + D_j, c_j, p_2) \quad (7)$$

avec c_j le prix du mètre cube dans la tranche j et :

$$D_j = (c_j - c_{j-1}) k_{j-1} + \dots + (c_2 - c_1) k_1$$

la valeur correspondante du D de Nordin (voir également le tableau 10).

Une fois ces équivalences repérées, les propriétés de la demande deviennent dès-lors assez simples à analyser. Fondamentalement, les équations (6) et (7) indiquent en effet que les caractéristiques de la tarification se classent, au bout du compte, en deux grandes catégories.

- La première est celle du prix, un rôle tenu par le prix du m³ de la tranche dans laquelle le Ménage se situe (c'est en fait le coût de la consommation à venir (prix marginal)).
- La seconde, à travers le remboursement virtuel D_j , est calculée à partir des paramètres inframarginaux du tarif, ces derniers intervenant au bout du compte à travers un simple effet revenu.

Ainsi, pour un consommateur situé en tranche 2 :

- un accroissement du prix du mètre cube de la tranche 2 va générer, si le bien n'est pas atypique, une réduction de la demande. Formellement :

$$\frac{\partial q_1^d}{\partial c_2} = \phi_1 \times k_1 - \phi_2 < 0$$

- Un accroissement du prix de la tranche 1 équivaut à un simple effet revenu. Si l'eau est un bien supérieur, on s'attend là-aussi à une réduction de la demande. Formellement :

$$\frac{\partial q_1^d}{\partial c_1} = -\phi_1 \times k_1 < 0$$

- Un accroissement de la tranche k_1 , en augmentant *in fine* le revenu de l'agent (tout se passe comme si), doit générer une hausse de la demande si l'eau est un bien supérieur. Formellement :

$$\frac{\partial q_1^d}{\partial k_1} = (c_2 - c_1) \times \phi_1 > 0$$

- Un accroissement du prix de la tranche 3 est neutre et de même pour le seuil de la tranche 3. Formellement :

$$\frac{\partial q_1^d}{\partial c_3} = \frac{\partial q_1^*}{\partial k_3} = 0$$

Si maintenant le consommateur se situe en tranche 3 :

- le prix est joué par le coût du mètre cube dans la tranche 3, soit c_3 ,
- un accroissement du prix de la tranche 1 et/ou du prix de la tranche 2 véhiculent des effets revenu négatifs qui vont tirer la consommation d'eau à la baisse,
- inversement pour l'augmentation des seuils k_1 et k_2 (les effets revenus sont alors positifs),
- les paramètres des tranches supérieures n'impactent pas la consommation,

etc.

3.2 Les autres facteurs

A côté de la tarification et du revenu, la littérature met en avant trois grands autres types de facteurs susceptibles d'influencer la consommation d'eau des Ménages (*cf* Arbuès, Garcia-Valiñas & Martínez-Espínola [2003] pour une revue de la littérature). Ces dernières incluent (*i*) les caractéristiques socio-économiques des Ménages, (*ii*) les caractéristiques de l'habitat et des équipements et (*iii*) les variables climatiques.

3.2.1 Les variables climatiques

Les variables climatiques jouent, potentiellement, un rôle important dans la détermination des consommations d'eau des Ménages. Spontanément, on s'attend en particulier à ce que les précipitations soient un substitut à l'eau domestique pour des usages tels que l'arrosage du jardin ou le lavage des voitures (effet négatif de la pluviométrie). A l'inverse, on peut penser que les températures ou l'ensoleillement vont pousser la consommation à la hausse.

Concernant La Réunion, il est alors vraisemblable que ces facteurs jouent pleinement leurs rôles, les modes de vie faisant que les usages extérieurs de l'eau y sont importants. Cela l'est, tout d'abord, en raison du climat de l'île, mais également, parce que le jardin semble bien jouer un rôle important dans la culture créole. Pour finir, le département connaissant, en dépit de sa petite taille, une grande variété de climats, on enregistre notamment de fortes différences entre l'Est et l'Ouest et entre l'hiver et l'été, les facteurs climatiques peuvent être à la source de différences de consommation importantes entre les micro-régions de l'île.

S'il semble donc acquis que les éléments naturels influent sur la demande, les impacts qui leurs sont imputables ne sont, en revanche, pas évidents à prédire. Il est en effet vraisemblable que les effets soient différenciés, comme un peu d'introspection permet de s'en convaincre. Ainsi, là où une forte pluie peut être à la source d'une consommation accrue durant l'été austral, les Ménages de par l'humidité importante qui se dégage étant susceptibles de prendre une douche supplémentaire pour se rafraîchir, ce même événement peut éviter un arrosage du jardin en saison sèche et générer une économie d'eau. De même, un ensoleillement plus prononcé peut conduire à des arrosages plus fréquents à moins que, devant l'ampleur de l'effort, les Ménages renoncent à cet entretien. Cet effet de seuil peut également jouer avec les précipitations ; ainsi, une pluviométrie faible peut conduire à la mise en place de restrictions et à des baisses de la consommation (de fait).

Les variables climatiques ont alors été introduites de différentes façons dans de nombreuses études (américaines pour la plupart). On peut citer notamment les travaux de Foster & Beattie [1979] et [1981] qui retiennent le niveau des précipitations durant le printemps et l'été, et Martinez-Espineira [2002] qui introduit non pas le niveau mais la fréquence des précipitations (nombre de jours de pluie durant la période d'observation), mettant en avant l'aspect psychologique de la chose. Miaou [1990] introduit également les températures et spécifie des seuils au-delà desquels ces variables n'ont plus d'effet sur la consommation. Billings & Agthe [1980], Billings [1982], Nieswiadomy & Molina [1988] et Hewitt & Hanemann [1995] font usage de l'évapo-transpiration. Par ailleurs, de nombreuses contributions travaillent à partir d'indicateurs synthétiques qui combinent différentes variables. On citera notamment :

- Al-Quanibet & Johnston [1985] qui modélisent l'influence du climat comme une fonction de la température, de l'ensoleillement et de la vitesse du vent,
- Billings [1987] et Griffin & Chang [1990] qui retiennent la moyenne des températures mensuelles, la pluviométrie en été et la température au-delà de 15 degrés,
- Stevens & *alii* [1992] et Agthe & Billings [1997] qui utilisent le produit du nombre de jours sans pluie que multiplie une température moyenne.

On notera alors que la plupart des travaux qui se sont attachés à estimer la demande d'eau sur données européennes ne tiennent pas compte de ces variables climatiques, essentiellement parce que les données disponibles ont une périodicité annuelle. Au mieux, sont conduites des comparaisons entre des années pluvieuses et des années sèches (*cf.* Nauges & Thomas [2000] par exemple). Des exceptions notables sont alors les estimations fournies par Binet et *alii* [2004] et [2005] de la demande d'eau à La Réunion, le modèle incorporant l'indicateur proposé par Stevens et *alii* [1992].

3.2.2 Les caractéristiques des Ménages

Plusieurs variables sont là aussi susceptibles de jouer un rôle. La première renvoie, très naturellement, à la taille du Ménage. Ainsi, considérer qu'une famille nombreuse consomme davantage qu'un individu isolé (toutes choses égales par ailleurs), voire qu'une personne en plus au sein du foyer soit à la source d'une consommation accrue sont des hypothèses assez intuitives. Dans ce cadre, la discussion porte plus sur (*i*) la présence d'économies d'échelle et sur (*ii*) les caractéristiques d'âge de la famille. Le premier élément renvoie aux consommations collectives qui font que la relation entre la consommation et la taille du Ménage n'est pas linéaire, ie la consommation moyenne varie selon la taille de la famille. Le second fait référence à plusieurs études de consommation qui concluent aux pratiques plus économes des personnes âgées. Ce fait est bien documenté dans l'étude du CREDOC (Maresca et *alii* [1997]) qui souligne aussi que ces attitudes sont motivées non seulement par des aspects financiers mais aussi par des considérations culturelles.

Pour finir, un dernier élément dont on peut vouloir tenir compte renvoie aux statuts par rapport à l'emploi des membres de la famille, notamment le nombre d'actifs au sein du Ménage. Toutes choses égales par ailleurs, on peut penser en effet que la présence d'une personne en plus au domicile, cette dernière étant plus vraisemblable lorsque l'individu ne remplit pas d'activité professionnelle, tende à faire augmenter la consommation du Ménage.

Comme pour les variables climatiques, ces facteurs peuvent alors se combiner pour aboutir à des indéterminations. C'est notamment le cas par exemple des individus à la retraite qui se distinguent par des comportements plus économes, leur consommation est donc tirée vers le bas, mais qui, en contrepartie, passent plus de temps au domicile et font plus de jardinage, ce qui tire alors leur consommation vers le haut.

3.2.3 Les caractéristiques du logement et des équipements

En ce qui concerne le logement, le principal élément renvoie bien évidemment à l'habitat individuel et à l'accès au jardin qui l'accompagne (le plus souvent). Cette variable est susceptible de jouer un rôle prépondérant dans la mesure où les usages extérieurs de l'eau (arrosage, jardinage pour l'essentiel) requièrent des volumes importants dont on peut penser qu'ils augmentent avec la superficie du jardin (Nieswiadomy & Molina [1989], Hewitt & Hanneman [1995]). Dans le même ordre d'idée, le nombre de pièces, la possession d'une piscine (Dandy et *alii* [1997]), les systèmes d'arrosage (automatique ou manuel, Lyman [1992]), sont également des déterminants potentiels.

L'âge du logement est aussi une variable dont on peut vouloir tenir compte. Ainsi, Nauges et Reynaud [2001] montrent qu'une augmentation de 1 point de la part de logements neufs dans le parc immobilier conduit à une réduction

de la consommation de 0.12% en Moselle et de 0.09% en Gironde. Les auteurs expliquent alors ce résultat par des risque de fuite moins importants dans les logements récents. Ils mettent également en avant le rôle des compteurs individuels qui sont installés de façon quasi-systématique lors de la construction des logements récents.

Ces différents éléments peuvent alors, là-aussi, se combiner et aboutir à des indéterminations. Ainsi, Nauges et Reynaud *op cit* établissent qu'une part plus importante de maisons individuelles est sans effet sur la consommation d'eau en Gironde mais joue un rôle négatif en Moselle. Les auteurs justifie alors ce résultat par un effet modérateur du compteur d'eau qui serait contre-balancé en Gironde par des usages extérieurs plus développés.

Pour finir, une discussion du même ordre s'applique pour des biens durables comme le lave-linge, le lave-vaisselle et les équipements sanitaires. Dans ce cas, la discussion doit porter non seulement sur la taille mais également sur l'âge des équipements de façon à tenir compte du progrès technique. Plus précisément, il est acquis, plusieurs études de consommation vont en ce sens, que les fabricants sont parvenus à réduire de façon sensible les volumes d'eau nécessaires au fonctionnement des lave-linges et des laves-vaisselles (-35% pour les premiers, -60% pour les seconds). Dans ce cadre, si l'acquisition de ces équipements continue à faire croître la consommation d'eau (il y a des discussions sur ce point), l'ampleur de la variation va diminuer au cours du temps de sorte que, sur des données en coupe, l'effet ne sera pas la même selon les Ménages. Les tendances récentes laissent à penser que des arguments similaires s'appliquent également pour les équipements sanitaires (chasses d'eau économiques, mitigeurs sur les robinets de douche etc. ...).

3.3 Estimations

3.3.1 Premiers éléments

Il existe à notre connaissance trois papiers qui ont procédé à l'estimation de la demande d'eau des Ménages à l'île de La Réunion.

- Le premier travail est celui de Binet [2003] qui exploitent des données communales. L'auteur aboutit notamment à une élasticité prix de -0.3 , ce qui signifie qu'une augmentation du prix de l'eau de 1% se traduit par une baisse de la consommation de 0.3%. Ce travail souffre toutefois de la nature des données qui sont exploitées. L'auteur ne dispose pas en effet des détails des tarifs, ce qui lui interdit d'étudier les effets de la structure de prix sur la consommation (par exemple).
- Le second travail sur lequel nous porterons ici l'attention est celui de Binet et *alii* [2004] dont le grand intérêt est de combiner des consommations réelles des Ménages avec une information détaillée sur les tarifs. On pourra se référer à l'annexe 1 pour une présentation des données.

- Le troisième papier enfin est celui de Binet et *alii* [2007] qui développe un modèle technico-économique que nous présenterons plus loin.

S'agissant donc des travaux de Binet et *alii* [2004], les auteurs estiment, par la méthode des variables instrumentales, deux grandes types de fonctions de demande. La première est une spécification en niveau dans laquelle la consommation / jr /hab dépend linéairement du revenu, du prix, du D de Nordin et d'autres variables a priori pertinentes, renvoyant aux caractéristiques des Ménages et de leurs équipements (voir plus haut). La seconde estimation est un modèle dans lequel la variable expliquée est le logarithme de la consommation, les explicatives intervenant soit en niveau, le coefficient estimé s'interprète alors comme une différence relative, soit en logarithme, le coefficient estimé représente alors une élasticité. Ces modèles sont estimés sur deux catégories de Ménages séparément, les hauts et les bas-revenus.

3.3.2 Le modèle linéaire

Le premier modèle estimé est celui d'une demande linéaire de la forme :

$$q_i = c^{ste} + \alpha(R_i - F_i) + \alpha'D_i - \beta p_i + \gamma X_i + \varepsilon_i$$

avec :

- q_i le volume d'eau consommé par jour et par habitant par le Ménage i ,
- $R_i - F_i$ le revenu net du montant de l'abonnement par unité de consommation,
- D_i le D de Nordin qui tient compte des caractéristiques inframarginales du tarif,
- p_i le prix du mètre cube dans la tranche de consommation du Ménage i ,
- X_i un ensemble d'autres explicatives,
- ε_i un terme d'erreur.

Sont alors inclus dans le vecteur des explicatives X_i :

- la variable CLIMAT (produit du nombre de jours sans pluie que multiplie une température moyenne sur la période d'observation),
- la variable AGE qui renseigne l'âge du répondant, assimilé au chef de famille,
- la variable JARDIN qui indique si le Ménage dispose ou pas d'un jardin (Oui, la variable est codée 1, NON elle est codée 0),
- la variable ACTIF qui indique le nombre d'adultes disposant d'un emploi au sein du Ménage i .

Les résultats des estimations sont reportés au tableau 11. Ces dernières appellent alors quelques commentaires.

Calculé dans un premier temps sur l'ensemble des individus, soit 154 Ménages, la première régression donne des résultats qui sont dans une large mesure insatisfaisants. En particulier, si l'activité (variable ACTIF) et la jouissance d'un jardin (variable JARDIN) ont les effets attendus, il n'en va pas de même pour la variable REVUC qui n'est pas significative (son t de Student est à 0.716). En d'autres termes, la consommation est ici indépendante du revenu, ce qui va à l'encontre des résultats les plus courants. De plus, ce fait ne cadre pas avec la significativité du D de Nordin (*cf.* l'annexe 5 "*tests de bonne spécification*" sur ce point).

Ces éléments pouvant être le fruit d'une hétérogénéité dans les comportements, cette équation a alors été ré-estimée en divisant l'échantillon en deux, en distinguant les bas-revenus (revenu familial par UC inférieur à 900 euros) et les hauts-revenus (revenu familial par UC supérieur à 900 euros). Les résultats sont alors nettement plus cohérents et mettent en évidence des comportements très différents chez les Ménages.

Plus précisément, pour les bas-revenus, il apparaît que les effets ont les signes attendus lorsque les variables sont significatives. En particulier, (*i*) la variable climatique joue dans le sens attendu (elle était non significative dans la totalité de l'échantillon) et (*ii*) le revenu par unité de consommation ainsi que le D-Nordin sont tous deux significatifs et positifs. De plus, le test de comparaison des coefficients estimés ne conduit pas au rejet de l'égalité des coefficients, ce qui est un signe de bonne spécification (voir annexe 5). Du point de vue quantitatif, on aboutit alors à la prévision suivante : une augmentation du revenu de 100€ (par unité de consommation) entraîne, toutes choses égales par ailleurs, une augmentation de la consommation de 20.9 litres par jour et par habitant. Parallèlement, si le prix de la tranche dans laquelle le Ménage se situe (prix marginal) n'a pas d'impact sur la consommation, la structure de la tarification joue en revanche un rôle au travers du D de Nordin. Couplé avec la significativité du revenu, on peut donc dire que la demande des bas-revenus est sensible aux prix inframarginaux via un effet revenu.

De fait, il se dresse un constat très différent pour les hauts-revenus. En particulier, le fait que le revenu et les prix ne jouent pas pour cette catégorie de Ménages laisse à penser qu'ils parviennent à réaliser un objectif de consommation. La significativité du taux d'activité, i.e. le fait que la présence au domicile accroît la consommation au domicile, pour cette seule classe de consommateurs (le taux d'activité ne sort pas pour les bas-revenus) va largement dans ce sens. De même, le fait que la variable CLIMAT soit significative pour les seuls bas-revenus montre que ces Ménages conditionnent leurs usages, par exemple l'arrosage du jardin, au climat là où les revenus élevés mettent en place un arrosage systématique.

Pour finir, on notera que ces résultats, globalement convaincants, sont à nuancer (peut-être) pour les résidents de la région Ouest. Une analyse par grandes zones géographiques montre en effet que le prix marginal devient significatif pour ces Ménages. Littéralement, ces derniers seraient ainsi « *plus sensibles au prix* » que les autres habitants de l’Ile. Ceci pourrait s’expliquer par le simple fait que ces Ménages, de par leurs consommations plus importantes (voir plus haut), sont dans les tranches les plus coûteuses. On notera toutefois que, compte tenu de la faible taille des échantillons, une certaine incertitude entoure ce résultat.

3.3.3 Le modèle log – linéaire

Sous cette spécification, le volume d’eau consommé, le revenu et le prix sont en exprimés logarithme, les variables socio-économiques et climatiques en niveau. De manière formelle :

$$\ln q_i = c^{ste} + \alpha \ln(R_i - F_i) + \alpha' \frac{D_1}{B - F} - \beta \ln p_i + \gamma X_i + \varepsilon_i$$

Les coefficients estimés représentent alors des élasticités pour les premières et des taux de croissance (ou différences relatives) pour les secondes. L’approximation de la forme fonctionnelle fait également intervenir le D de Nordin de façon linéaire, via le rapport $DNORDIN/R - F$ (cf. annexe 5). Par construction, le coefficient de cette variable vaut (normalement) l’élasticité revenu. Les estimations de ce modèle sont reportées au tableau 12.

Globalement, la spécification en logarithme améliore la qualité des ajustements tout en conduisant à des résultats sensiblement identiques aux précédents (forme linéaire). En particulier, si le revenu par unité de consommation devient significatif sur l’échantillon total, il le demeure pour les Ménages aux revenus faibles et il devient non-significatif sur l’échantillon des revenus élevés. Le test de comparaison des coefficients ne conduit pas à rejeter l’égalité des coefficients afférents au revenu et au D de Nordin. Si la puissance du test est assez faible pour l’échantillon total, elle est forte sur l’échantillon des revenus faibles, ce qui atteste de la cohérence de la spécification.

D’autre part, on constate :

- que le prix de la tranche où se situe le Ménage (prix marginal) reste non-significatif sur les trois échantillons ;
- que l’âge devient significatif pour les bas-revenus (cette variable ne l’était pas en linéaire) ;
- que la possession d’un jardin impacte de façon forte : la hausse de la demande est en effet comprise entre 53,11% ($\exp 0.426 - 1$) et 59,7% ($\exp 0.468 - 1$) selon l’échantillon considéré.

Le dernier résultat met alors en évidence l'importance des usages extérieurs dans la consommation. L'habitat individuel et l'accès au jardin étant particulièrement développés, comme souligné plus haut, à La Réunion, on a ici un facteur qui peut expliquer de façon prépondérante, au travers donc d'une différence dans les caractéristiques, l'écart de consommation entre la métropole et La Réunion (environ 80% des Ménages jouissent d'un jardin à La Réunion contre 25% en France métropolitaine).

D'autre part, une seconde spécificité locale renvoie aux comportements, ie aux coefficients de réponse, et à l'effet de l'âge. Ainsi, le fait que la consommation augmente avec l'âge, toutes choses égales par ailleurs, va à l'encontre de ce qui est communément trouvé sur données métropolitaines (*cf.* notamment Maresca et *alii* [1993] et Nauges & Reynaud [2001]). L'impact est alors potentiellement fort. Ainsi, entre deux individus ayant un an d'écart, le modèle prédit que le plus âgé aura une consommation plus forte de 1% et cette différence passe (linéairement) à 10% pour un écart de 10 ans.

3.3.4 Discussion

Le principal résultat de ces estimations est de montrer que les déterminants de la demande d'eau de la part des Ménages ne sont pas les mêmes selon les classes de revenus. Il existe en particulier deux grandes catégories de consommateurs, les hauts et les bas revenus, selon que le revenu par unité de consommation est inférieur ou supérieur à 900 euros.

La demande des premiers qui sont par ailleurs les plus gros consommateurs dans l'échantillon DIREN [2004] n'est pas sensible au prix. Il y a alors tout lieu de penser que ces Ménages parviennent à réaliser un objectif de consommation qui dépend à son tour d'éléments comme la taille des équipements, la composition de la famille et la possession d'un jardin. La demande des bas-revenus est en revanche sensible aux prix, aux caractéristiques infra-marginales du tarif en particulier *via* l'effet du D de Nordin. Enfin, la possession d'un jardin apparaît comme un facteur de forte consommation, cela dans toutes les familles, quel que soit le niveau de leurs revenus.

Compte tenu de ces propriétés, il est alors important de garder à l'esprit que des (petites) variations de prix auront un impact sur la seule consommation des bas-revenus. En d'autres termes, la réduction de la consommation qui est visée à terme va reposer, toujours pour des variations limitées de prix, sur un ajustement de la consommation des familles les plus modestes, ces dernières n'étant pas de plus les Ménages qui expriment les plus fortes consommations. Par ailleurs, il s'avère, compte tenu des valeurs obtenues pour les estimations, (*i*) que les baisses de la consommation que l'on peut espérer pour des variations raisonnables des tarifs sont d'une ampleur limitée et, réciproquement, (*ii*) qu'il faut des accroissements très marqués du prix de l'eau pour obtenir des réductions significatives de la consommation (voir Binet et *alii* [2004] sur ce point).

Ces résultats présentent alors une certaine cohérence avec ce que l'on sait de la demande d'eau des Ménages en métropole. Ainsi, Nauges et Reynaud [2001] trouvent également des effets revenu contrastés avec une élasticité de la demande qui est égale à 0.09 en Moselle et à 0 en Gironde. Les auteurs justifient alors ce résultat par le fait que, le revenu moyen étant plus faible en Moselle, il est vraisemblable que ces Ménages portent plus d'attention à leur consommation. D'autre part, la plupart des estimations sur données françaises¹⁵ montre également que la demande d'eau potable des Ménages est inélastique au prix avec une fourchette qui est relativement serrée, les estimations de l'élasticité-prix variant entre -0.2 et -0.1 (*cf.* tableau 13). En d'autres termes, un accroissement du prix de l'eau de 10% se traduit par une réduction de la consommation comprise entre 1 et 2%. L'impact des variations de prix sur la consommation apparaît ainsi comme limité¹⁶.

Le sens de ces estimations est d'établir qu'il convient, vis-à-vis d'un objectif de réduction de la consommation, d'accompagner l'augmentation des prix de mesures complémentaires telles (*i*) des campagnes de sensibilisation, ciblées plutôt sur les hauts revenus et les usages extérieurs, le cas échéant, (*ii*) des dispositifs incitant les Ménages à s'équiper avec des systèmes d'arrosage économes en eau, voire le cas échéant, (*iii*) des mesures autoritaires de rationnement, en période d'étiage notamment. Ces éléments sont alors d'autant plus nécessaires que les comportements jouent effectivement un rôle. Ainsi, les estimations montrent que la détention d'un jardin impacte de façon forte sur la consommation avec, de plus, (*i*) des bas-revenus qui conditionnent leurs usages, typiquement l'arrosage du jardin, au climat là où (*ii*) les hauts-revenus mettent en place un arrosage systématique.

Ces résultats présentent alors, comme on le voit, une certaine cohérence. Ils reposent toutefois sur des estimations dont on peut considérer qu'elles seraient pleinement satisfaisantes si ce qui joue le rôle du prix, la variable prix marginal, était significative. Vis-à-vis de ce point, deux positions peuvent être alors adoptées.

- La première consiste à considérer que les Ménages sont sensibles au prix mais que l'effet de ce dernier étant faible, l'estimation proposée ici souffre d'un manque de précision lié à la petite taille de l'échantillon.

Dans ce cas, il conviendrait d'actualiser les données de l'enquête DIREN pour pouvoir bénéficier d'un plus grand nombre d'observations et faire ressortir cet effet.

¹⁵Comme souligné par Nauges & Reynaud [2001], les travaux qui ont cherché à estimer la demande d'eau des Ménages sur données françaises, voire européennes, sont peu nombreux. Il existe, en revanche, un grand nombre de papiers sur données américaines.

¹⁶Cette sensibilité au prix n'est pas contradictoire avec les estimations de Binet et *alii* [2004]. De par le manque de disponibilité des données, les travaux référés au tableau 13 régressent en effet la consommation sur un prix total moyen qui inclut le D de Nordin.

- La seconde consiste à considérer que les Ménages ne sont fondamentalement pas sensibles au prix, les paramètres inframarginaux du tarif compris, la significativité de l’effet revenu s’expliquant alors par une corrélation entre le revenu des Ménages et la détention de certains équipements, consommateurs en eau, non observée dans la base de données.

Le tarif jouant nécessairement un rôle à compter d’un certain niveau de prix, cet élément laisse à penser que le prix de l’eau, compte tenu de son faible niveau à La Réunion, serait alors en-deçà d’un seuil de sensibilité, seuil à compter duquel donc les Ménages feraient attention à leur consommation. Un élément qui va dans le sens de cette interprétation est le constat selon lequel la sensibilité de la demande est (normalement) d’autant plus forte que les usages extérieurs sont importants (*cf.* Howe & Linaweaver [1967], Foster & Beattie [1979], Renwick & Green [2000]) et il en va également ainsi pour les tarifications progressives (Dalhuisen et *alii* [2003]).

Cette question nécessitant, pour être tranchée, une actualisation de l’enquête DIREN [2004], l’équipe s’est alors engagée dans le développement d’un modèle complémentaire, dit “*technico-économique*”, dans lequel l’attention est portée sur les usages de l’eau par les Ménages et que nous allons à présent présenter.

4 L’approche technico-économique

Une analyse visant à mettre en évidence le rôle joué par la diversité des usages sur la consommation d’eau des résidents réunionnais a été réalisée à partir des données de l’enquête DIREN 2004 (voir l’annexe A pour une description de l’échantillon). Le cadre conceptuel diffère alors sensiblement de la théorie de base du consommateur. On y postule en effet que l’eau n’est pas un bien ordinaire qui contribue, par sa consommation, à satisfaire directement aux besoins du ménage mais, au contraire, un facteur de production utilisé conjointement avec d’autres biens et services pour satisfaire différents types de besoins fondamentaux (alimentation, hygiène, loisirs . . .), besoins sur lesquels s’expriment les préférences du ménage (approche dite à la Becker).

Cette analyse a été réalisée sur la base d’un modèle économétrique qui décrit la consommation journalière d’un panel de ménages selon les différents usages qu’ils font de l’eau dans leur logement. Dans cette logique,

- (i) le total de la consommation d’un ménage, observé sur un laps de temps bien déterminé, résulte du cumul de différents usages indépendants

et :

- (ii) la consommation d’eau pour chaque usage est analysée à son tour comme le produit d’une consommation d’eau par utilisateur (ou consommation unitaire) que multiplie un nombre d’utilisateurs.

La taille de la population d’usagers est alors supposée mesurable tandis que la consommation unitaire est modélisée comme une fonction linéaire de différentes variables explicatives. L’effet des facteurs non observables qui expliquent (pour partie) le comportement hétérogène des ménages est alors pris en compte par une structure à erreurs composées pour le terme de perturbation du modèle. On notera également que, les données portant sur des périodes d’observation différentes selon les ménages, le panel de données dont on dispose est non cylindré. L’agrégation du modèle journalier introduisant alors une hétéroscédasticité et une autocorrélation des erreurs, les paramètres ont été estimés de façon efficace en appliquant un estimateur des moindres carrés généralisés réalisable.

L’analyse empirique des données de consommation disponibles, basée donc sur cette méthodologie, a alors été réalisée en considérant deux grandes catégories d’usage de l’eau que sont (i) les “*usages essentiels*” et (ii) les “*usages de loisir*”. Plus précisément et notant :

- $d(\Delta)$ la durée de la période d’observation Δ , exprimée en jours,
- $y_i(\Delta)$ la consommation d’eau du ménage i , mesurée en litres, durant cette même période Δ ,
- $y_i^1(\Delta)$ et $y_i^2(\Delta)$ les consommations résultant, respectivement, des usages essentiels et de loisir du ménage i ,
- $\varepsilon_i(\Delta)$ un terme d’erreur,

on a à l’origine :

$$y_i(\Delta) = y_i^1(\Delta) + y_i^2(\Delta) + \varepsilon_i(\Delta)$$

S’agissant alors des usages essentiels, on pose :

$$y_i^1(\Delta) = [\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2}] \times N_i^1 \times d(\Delta)$$

avec :

- N_i^1 la taille de la population d’usagers,
- $\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2}$ la consommation moyenne, au sens où elle est calculée par jour, d’un usager en vue toujours de la satisfaction des besoins essentiels.

La taille de la population d’usagers est alors mesurée à l’aide d’une échelle d’équivalence dans laquelle (i) l’adulte est choisi comme unité de mesure et (ii) chaque enfant est pondéré par un coefficient α compris entre 0 et 1, ie la consommation d’un enfant vaut $\alpha\%$ de la consommation d’un adulte. Formellement, on a ainsi :

$$N_1^i = A_i + \alpha \times E_i$$

avec :

- A_i le nombre d'adultes du ménage i ,
- E_i le nombre d'enfants du ménage i ,
- α le coefficient d'équivalence ($0 < \alpha < 1$).

Parallèlement, la consommation unitaire d'un "adulte équivalent" est modélisée comme une fonction linéaire de deux explicatives.

- La première (x_{i1}) est la proportion d'adultes en emploi au sein du ménage i , soit :

$$x_{i1} = \frac{\text{nombre d'adultes employés au sein du ménage}}{\text{nombre d'adultes équivalents du ménage}}$$

On anticipe alors un impact négatif de cette variable sur la consommation d'eau du ménage ($\beta_1 < 0$) dans la mesure où les adultes en emploi passent moins de temps à la maison que les autres membres de la famille.

- La seconde (x_{i2}) est le nombre de pièces par adulte équivalent du ménage, soit :

$$x_{i2} = \frac{\text{nombre de pièces du logement}}{\text{nombre d'adultes équivalents du ménage}}$$

On s'attend alors à un impact positif de cette variable sur la consommation ($\beta_2 > 0$), notamment parce que l'eau utilisée pour l'entretien du logement augmente avec la taille de l'habitation. On notera également que s'ajoutent à ces deux variables un terme constant (cf le coefficient β_0) qui rend compte, conjointement avec le terme d'erreur, des effets des autres variables (non observées) sur le niveau de cette consommation du ménage.

En ce qui concerne à présent les usages de loisirs (ou d'agrément, cf la variable $y_i^2(\Delta)$), une démarche similaire est adoptée de sorte que :

$$y_i^2(\Delta) = [\beta'_0 + \beta_3 x_{i3} + \beta_4 x_{i4}] \times N_i^2 \times d(\Delta)$$

avec :

- N_i^2 une variable de la taille des équipements de loisir consommateurs d'eau

et :

- $\beta'_0 + \beta_3 x_{i3} + \beta_4 x_{i4}$ une consommation moyenne, par jour et par unité d'équipement, en rapport avec les usages d'agrément (voir alors plus loin pour la définition des variables x_{i3} et x_{i4}).

S'agissant alors de la grandeur N_i^2 , ne disposant pas d'information sur la taille du jardin et le volume de la piscine (l'enquête renseigne uniquement sur la présence ou non de ces équipements), la taille des équipements d'agrément est mesuré par le niveau de revenu des ménages, en millier d'euro, par adulte équivalent (lorsque ces équipements sont présents dans le ménage). On a ainsi :

$$N_i^2 = \frac{R_i}{N_i^1}$$

avec R^i le revenu du ménage i ¹⁷. D'autre part, comme reporté, la consommation unitaire d'eau, toujours pour les usages de loisirs, est modélisée elle-aussi comme une fonction linéaire de deux explicatives.

- La première, x_{i3} , est la pluviosité moyenne, exprimées en centimètres, au cours de la période d'observation Δ (cela lorsque le ménage dispose d'un jardin privé).

On s'attend alors à un impact négatif de cette variable sur la consommation d'eau du ménage ($\beta_3 < 0$), l'arrosage du jardin étant réduit lorsqu'il pleut.

- La seconde, x_{i4} , est une variable binaire qui prend la valeur 1 ou 0 selon que le logement est équipé ou non d'une piscine privée.

On s'attend naturellement à un impact positif de cette variable qualitative sur la consommation d'eau ($\beta_4 > 0$).

Le tableau 16 présente alors trois jeux d'estimation des paramètres du modèle, chacune ayant été réalisée en utilisant une estimation différente des revenus des ménages (le tableau 15 donne quant-à-lui l'interprétation de ces mêmes paramètres β_0, \dots, β_4). Au regard de ces résultats, on constate alors :

- que la consommation unitaire d'eau pour les usages essentiels comporte une consommation obligée β_0 estimée à 80/88 litres par jour. Chaque adulte en emploi diminue cette consommation (unitaire) d'une quantité β_1 estimée à 65/79 litres par jour tandis qu'une pièce supplémentaire du logement l'accroît d'une quantité β_2 estimée à 94/104 litres par jour ;
- que la consommation unitaire d'eau pour les loisirs comporte une consommation obligée β'_0 estimée à 190/200 litres par jour. Cette consommation obligée est réduite par les précipitations d'une quantité β_3 estimée à 43/95 litres par jour et par centimètre de pluie. Lorsque le ménage est équipé d'une piscine privée, il faut ajouter à cette consommation obligée une quantité supplémentaire β_4 estimée à 40/69 litres par jour.

¹⁷Ces niveaux de revenu ont été estimés selon une méthode d'imputation (à l'origine, les Ménages ont renseigné cette variable en se positionnant dans des classes de revenu). Voir alors le document joint n°2 pour le détail des méthodologies.

Le modèle ainsi spécifié permet également, une fois l'estimation conduite, de décomposer les volumes de consommation qui sont effectivement facturés aux ménages selon les deux grandes catégories d'usages retenues. A cet effet, Binet et *alii* [2007] développent (et appliquent) une méthode de prédiction efficace, permettant une décomposition cohérente du volume total d'eau facturé à chaque ménage, selon une procédure en deux étapes.

- **Etape 1** On effectue tout d'abord un calibrage des consommations d'eau par usage en utilisant la partie explicative du modèle économétrique estimé, soit :

$$y_i^1(\Delta) = \beta_0 d(\Delta) N_i^1 + \beta_1 x_{i1} d(\Delta) N_i^1 + \beta_2 x_{i2} d(\Delta) N_i^1$$

pour les usages essentiels et :

$$y_i^2(\Delta) = \beta'_0 d(\Delta) N_i^2 + \beta_3 x_{i3} d(\Delta) N_i^2 + \beta_4 x_{i4} d(\Delta) N_i^2$$

pour les usages de loisir.

Puis :

- **Etape 2** On procède à un étalonnage de ces estimations en répartissant le résidu d'ajustement :

$$\varepsilon_i(\Delta) = y_i(\Delta) - (y_i^1(\Delta) + y_i^2(\Delta))$$

entre les deux catégories d'usage¹⁸.

Le Tableau 17 résume alors les résultats de cette opération pour l'échantillon des 437 factures (dont 340 relatives à des ménages utilisant l'eau pour satisfaire tant à des besoins essentiels que à des besoins de loisir). Les estimations des volumes consommés pour les usages essentiels sont comprises (*i*) entre 210 et 215 litres/personne/jour en valeur moyenne et (*ii*) entre 175 et 177 litres/personne/jour en valeur médiane. La consommation d'eau pour les usages de loisir est estimée quant-à-elle (*i*) entre 52 et 59 litres/personne/jour en valeur moyenne et (*ii*) entre 15 et 18 litres/personne/jour en valeur médiane. Ainsi, en dépit du redressement qu'il conviendrait d'apporter à ces distributions pour qu'elles soient représentatives de la population des résidents à La Réunion, la valeur sensiblement plus faible de la médiane par rapport à la moyenne tend à montrer que la différence constatée par rapport à la métropole est effectivement attribuable à une frange de gros consommateurs.

En conclusion, on peut considérer que ce modèle montre bien l'intérêt d'une analyse par usages pour fonder une politique d'utilisation rationnelle de la ressource. Elle fait aussi apparaître la nécessité d'étendre la base de données actuellement disponible par une collecte d'informations plus précises, cela notamment pour permettre une décomposition plus fine de la consommation d'eau par usage des ménages .

¹⁸Cette répartition du résidu peut aboutir à ce que les estimations de certaines consommations soient négatives. Ces dernières n'ayant alors aucun sens, elles ne sont pas reportées.

5 Conclusion

Comme mentionné à plusieurs reprises dans le texte, La Réunion est un département dans lequel (*i*) la consommation d'eau potable est nettement au-dessus de la moyenne nationale, 269 *vs* 165 litres /jr /hab, avec (*ii*) un prix qui est lui nettement en deçà (1.40 *vs* 3.01 euros). En dépit de l'abondance naturelle de la ressource, l'inégale répartition dans le temps de la pluviométrie, la pression démographique et la dynamique de la croissance urbaine posent alors problème vis-à-vis de la bonne adéquation entre l'offre et la demande. D'autre part, le développement (attendu) de la demande d'eau à des fins d'irrigation fait que le Département risque d'être confronté, à terme, à des conflits d'usage sur la ressource. Dans ce contexte, il est alors naturel de vouloir accompagner les politiques d'offre de mesures de régulation visant à agir sur la demande. Cette combinaison d'instruments est en fait reconnu aujourd'hui comme absolument nécessaire à la bonne gestion de la ressource.

Les différents travaux menés s'accordent alors pour conclure à une faible sensibilité au prix de la demande des Ménages résidant à La Réunion. Au mieux, l'élasticité prix est effectivement négative mais elle apparaît non significative dans les estimations en raison (notamment) du faible nombre de données recueillies. Au pire, elle est effectivement nulle, cela essentiellement parce que les prix pratiqués seraient en deçà des seuils de sensibilité des Ménages, niveaux de prix à compter desquels ils feraient attention à leur consommation. Dans tous les cas de figure, la conséquence en est (*i*) que des variations mesurées des prix auront un impact limité sur la consommation et, réciproquement, (*ii*) qu'il faut des augmentations d'envergure pour obtenir des réductions substantielles de la demande. De ce point de vue, les Ménages résidant à La Réunion n'ont pas un comportement fondamentalement différent de celui des Ménages métropolitains. S'agissant de l'eau potable, toutes les études nationales, au demeurant peu nombreuses, s'accordent en effet sur une faible sensibilité de la demande au prix (*cf* tableau 13).

D'autre part, les régressions montrent que les baisses de la consommation qui sont visées vont reposer, à tout moins dans un premier temps, sur les efforts des bas revenus, la demande des hauts revenus étant quant-à-elle indépendante des caractéristiques du tarif (toujours localement). Au regard des données, ces derniers semblent en, effet réaliser un objectif de consommation que l'on peut relier à des éléments comme la taille de l'habitat, la composition de la famille, la détention d'un jardin . . . et également à des pratiques peu économes. Ainsi, la non-significativité des variables climatiques pour cette seule catégorie de Ménages montre que les hauts-revenus mettent en place des arrosages systématiques là où les bas-revenus conditionnent leurs usages au climat, à l'importance des précipitations en particulier. Comme expliqué dans le texte, cet aspect est alors d'autant plus important que la détention d'un jardin est un facteur de forte consommation (toutes choses égales par ailleurs, cela se traduit par une augmentation de la consommation /jr /hab de plus de 40%) dans un contexte

où l'habitat individuel est nettement plus développé (près de 72% des ménages vivent en habitat individuel à La Réunion contre un peu moins de 50% en Métropole, cf TER 2007-2008). En d'autres termes, on peut considérer qu'une partie importante de l'écart observé avec la métropole tient à une différence dans la structure de l'habitat et au pourcentage plus important de Ménages qui ont accès à un jardin, ce qui tire alors la consommation moyenne vers le haut. Toutefois et parallèlement à cela, les Ménages étant normalement plus sensibles au prix lorsque les usages extérieurs sont plus importants (de nombreuses études vont en ce sens), le fait que certains d'entre eux ne le soient pas à La Réunion témoigne à nouveau du caractère insuffisamment incitatif du tarif. A ce stade, il convient de rappeler également que la différence observée avec la métropole repose, avant toute chose, sur une frange de gros consommateurs (un tiers de la population des Ménages) qui pèsent par ailleurs de façon forte dans la consommation globale (pour 60% du total) et dont les consommations moyennes peuvent être considérées comme importantes (530 litres /jr /hab).

Au final, si les prix de l'eau sont bas à La Réunion, les estimations des élasticités de la demande amènent à penser que des augmentations raisonnables (réalisables) des tarifs vont se traduire par des variations modérées de la consommation. Vis-à-vis d'une réduction (affichée) de la consommation par jour et par habitant de 30%, agir sur les seuls tarifs est donc, de ce point de vue, inefficace et il convient dès-lors d'accompagner les politiques tarifaires d'autres mesures.

La première famille de mesures à laquelle on peut penser renvoie alors aux campagnes d'information et de sensibilisation, l'expérience métropolitaine des années 90 allant largement en ce sens. Ainsi, les spécialistes de la question s'accordent pour considérer que, compte tenu de la faible sensibilité de la demande au prix, la seule hausse des tarifs n'est pas suffisante pour rendre compte de la baisse (observée) de la consommation des Ménages durant cette période. Nauges & Thomas [2000], en exploitant des données communales, montrent notamment que la consommation d'eau est affectée par des effets temporels différenciés, effets qu'ils attribuent alors aux impacts des campagnes de sensibilisation et au débat public qui a entouré les questions du prix et de la rareté de la ressource durant la période. Dans la même veine, Montginoul [2002] souligne une certaine efficacité de ces campagnes en mettant en avant la ville de Lorient où des baisses significatives de la consommation ont pu être enregistrées. Pour finir, Renwick & Green [2000] montrent, à partir de données sur la consommation des Ménages californiens, que la mise en place de ces campagnes conduit à des réductions de la consommation de l'ordre de 10% en moyenne.

Par ailleurs, une mesure proche, car ayant trait à la connaissance du prix de l'eau, renvoie à la fréquence de la facturation. Ainsi, selon Arbuès et *alii* [2003], les usagers sont susceptibles d'avoir une meilleure connaissance du barème de prix s'ils perçoivent une facture de façon plus fréquente auquel cas leur consommation pourrait être moindre (sous l'hypothèse que les Ménages aient tendance à sous-estimer le prix de l'eau). A l'inverse, selon Stevens et *alii* [1992], des

factures moins fréquentes mais plus importantes sont susceptibles de créer un choc sur le consommateur auquel cas seraient associées à des facturations plus fréquentes des consommations par jour plus importantes (ce que les auteurs constatent dans les données dont ils disposent). Les estimations de Kulshreshtha [1996] conduisent à penser que cette question n'est pas encore tranchée.

La seconde famille de mesures se rapportent à des subventions visant à inciter les Ménages à s'équiper avec des équipements économes en eau. On pense bien évidemment aux usages sanitaires, avec les chasses d'eau et les têtes de douche économes, mais aussi à certains usages d'agrément avec les systèmes de récupération d'eau de pluie pour l'arrosage du jardin. On notera toutefois que ces mesures sont pleinement efficaces à un certain horizon de temps, le rythme auquel les Ménages renouvellent leurs équipements jouant alors un rôle important¹⁹. Plus immédiat est une mesure simple, mise en place par plusieurs agences de l'eau en Californie, qui consiste à distribuer aux familles un kit leur permettant de détecter des fuites au sein de leur habitation. Renwick & Green [2000] estiment les économies d'eau en résultant à 9% de la consommation moyenne des Ménages, un chiffre proche des effets sur la consommation des campagnes d'information et de sensibilisation.

La troisième catégorie de mesures est plus autoritaire. Elle fait notamment référence aux restrictions qui interdisent, en période d'étiage en particulier, certains usages non essentiels tels l'arrosage des jardins ou le lavage des voitures et à divers schémas de rationnement. Ces derniers, entendu au sens large, reviennent pour l'essentiel (*i*) à allouer un certain volume d'eau à chaque foyer, cette quantité étant susceptible de varier selon les caractéristiques du Ménage, puis (*ii*) à tarifier de façon forte, avec la mise en place d'un prix marginal élevé, tout dépassement de ce seuil²⁰. Ce système qui est en fait très proche d'un barème de prix climatique requiert de mettre en place des compteurs sophistiqués de façon à permettre une facturation journalière. Son principal intérêt est d'être efficace, Renwick & Green [2000] estimant la réduction (moyenne) de la consommation à 19%. Vis-à-vis du système de tarification, on pourra noter aussi les travaux de Young et *alii* [1983] qui montrent qu'un barème à taux croissant par lequel l'intégralité des mètres cube sont payés au prix marginal est efficace pour réduire la consommation. Ce mode de tarification, compte tenu de l'état actuel de la législation française (égalité de traitement devant le service public), n'est toutefois pas applicable en France.

¹⁹Comme souligné par Nauges & Thomas [2000], des augmentations du prix de l'eau sont également susceptibles d'inciter les Ménages à acquérir des équipements plus économes. Dans ce cas de figure, il convient de distinguer les effets de court terme d'une variation de prix, calculés pour un stock et une qualité d'équipement maintenus constants, des effets de long terme, calculés à stock et qualité des équipements variables.

²⁰Des mesures strictes par lesquelles les Ménages sont déconnectées du réseau au-delà de la consommation autorisée ne sont pas pratiquées pour des raisons sanitaires.

Au regard de ces différents éléments, on peut donc considérer que des mesures légères, sous lesquelles le rôle des comportements individuels est important, conduisent à des réductions modérées de la consommation. A l'inverse, il importe si l'on souhaite des réductions substantielles de combiner des fortes augmentations de tarifs avec des politiques plus autoritaires de restriction et de rationnement. Ces mesures présentent également l'avantage d'assurer une répartition plus équitable des efforts entre les Ménages. On doit en effet garder à l'esprit que les bas-revenus sont plus sensibles au prix que les hauts revenus, cela essentiellement parce que la facture constitue une part plus importante du budget. Par suite, une politique tarifaire d'ampleur donnée va, selon toute vraisemblance, susciter des réductions de la consommation plus importantes chez les familles modestes. A l'inverse, des restrictions d'arrosage, lorsqu'elles sont respectées, tendent à réduire de façon plus importante les consommations des Ménages qui disposent des jardins les plus grands et dont on peut penser qu'ils bénéficient des revenus les plus importants.

6 Annexes

6.1 Présentation des données DIREN 2004

Les données dont disposent Binet et *alii* [2004] et [2007] résultent de l'appareillement de trois fichiers statistiques.

Le premier est une base Météo France qui fournit des données climatiques très précises, ces dernières variant selon la localisation des Ménages et la période d'observation (pluviométrie, température, évapo-transpiration *etc.* ...).

La seconde, fournie par les fermiers, renseigne sur les détails des tarifs qui sont, comme expliqué dans le texte, très divers selon les communes. On a notamment un nombre de tranche qui varie de 2 à 4 avec une grande variabilité pour le premier seuil (de 30 à 180 m³) et des prix par tranches qui peuvent varier du simple au double (de 0.6104 euros à 1.4328 euros pour le prix total HT de la première tranche par exemple. D'autre part, la prise en compte de l'assainissement (un peu moins de la moitié des Ménages sont raccordés à un réseau d'eaux usées) fait que la tarification varie également au sein d'une même commune. C'est notamment le cas pour l'abonnement qui varie entre 6,03 € et 26,39 euros ou 2.615 € et 12.94 € selon que le service de l'assainissement soit ou non rendu (pour l'année 2003, sur la base d'un trimestre). Le résultat en est, comme souligné dans le texte, une grande variation du prix de l'eau dans le Département.

La troisième source de données est un sondage auprès des Ménages qui fournit des informations sur leurs caractéristiques et, pour certains d'entre eux, sur leur consommation. Plus précisément, il a été conduit une enquête en deux phases²¹.

La première a consisté à interroger un grand nombre d'abonnés domestiques, 1% de la population de chaque commune soit à peu près 2000 Ménages, par téléphone. Le questionnaire était composé d'une trentaine de questions ; il fournit des informations :

- sur les caractéristiques socio-économiques du ménage (sexe, âge et emploi du chef de famille, revenu et taille de la famille, nombre d'actifs et d'enfants, statut du logement) ;
- sur les caractéristiques du logement (type et âge de l'habitat, nombre de pièces et altitude du logement) ;

²¹La base de sondage idéale, le fichier client des sociétés fermières, n'étant pas accessible pour des raisons de confidentialité, la seule technique de sondage utilisable, après une prise de contact auprès de l'Insee pour utiliser le Répertoire des Immeubles localisés, s'est révélée être une procédure semi-aléatoire d'interrogation des ménages par téléphone développée par un institut de sondage de la place.

- sur l'équipement (présence d'une piscine, de machines à laver le linge et la vaisselle, d'un jardin ou d'un potager) ;
- sur les habitudes de consommation (fréquence des lavages, activité non domestique à domicile).

Le recueil des factures n'étant pas possible par cette voie, il s'en est suivi une phase 2 dans laquelle il a été demandé aux Ménages volontaires, contactés en phase 1, de communiquer, en remplissant un formulaire, les montants et les volumes de leurs six dernières factures (dont trois réelles et trois estimatives). La phase 2 a permis de collecter 173 formulaires exploitables avec un taux de réponse effectif de l'ordre de 20% (à l'origine, un peu moins de 1000 Ménages étaient disposés à nous fournir leurs factures). Ce chiffre est indéniablement faible étant entendu que les Ménages étaient intéressés à fournir leurs factures. On l'explique d'une part par la difficulté de lire et de remplir un tableau, d'autre part par la nature du prix (seuls les 100 premiers recevaient un prix, ce qui découragé les réponses des Ménages lorsque ces derniers ne répondaient pas rapidement). La comparaison des caractéristiques de cette population avec celle de la population mère montre que les réponses ne semblent pas être affectées par un biais de sélection. Le tableau 14 donne quelques statistiques pour les principales variables utilisées ; on peut compléter ces informations en énonçant que, au sein de l'échantillon, 74% des Ménages vivent en maison, 77% disposent d'un jardin, 5% ont une piscine et 35.3 % sont locataires. Enfin, 66 ménages n'ont aucun membre de la famille occupant un emploi (40 retraités, 25 sans emploi et 1 étudiant).

6.2 Le prix total moyen - propriétés

A l'origine, le prix total moyen (PTM dans ce qui suit) est défini comme le ratio du montant total de la facture sur le niveau de la consommation q_1 . Selon que le consommateur se situe en tranche 1, 2 ou 3 (la généralisation au cas où le nombre de tranches est quelconque ne pose pas de difficulté particulière), on a de façon formelle :

$$\lambda = \begin{cases} \frac{F + c_1 q_1}{q_1} & \text{si } q_1 \leq k_1 \\ \frac{F + c_1 k_1 + c_2 (q_1 - k_1)}{q_1} & \text{si } k_1 \leq q_1 \leq k_2 \\ \frac{F + c_1 k_1 + c_2 (k_2 - k_1) + c_3 (q_1 - k_2)}{q_1} & k_2 \leq q_1 \end{cases}$$

soit encore :

$$\lambda = \begin{cases} c_1 + \frac{F}{q_1} & si \quad q_1 \leq k_1 \\ c_2 + \frac{F - (c_2 - c_1)k_1}{q_1} & si \quad k_1 \leq q_1 \leq k_2 \\ c_3 + \frac{F - (c_2 - c_1)k_1 + (c_3 - c_2)k_2}{q_1} & si \quad k_2 \leq q_1 \end{cases} \quad (8)$$

$$= \begin{cases} c_1 + \frac{F}{q_1} & si \quad q_1 \leq k_1 \\ c_2 + \frac{F - D_2}{q_1} & si \quad k_1 \leq q_1 \leq k_2 \\ c_3 + \frac{F - D_3}{q_1} & si \quad k_2 \leq q_1 \end{cases}$$

avec D_i , $i = 1, 2$ ou 3 , la valeur du D de Nordin dans la tranche correspondante:

$$D = \begin{cases} D_1 & si \quad q_1 \leq k_1 \\ D_2 & si \quad k_1 \leq q_1 \leq k_2 \\ D_3 & si \quad k_2 \leq q_1 \end{cases} = \begin{cases} 0 & si \quad q_1 \leq k_1 \\ (c_2 - c_1)k_1 & si \quad k_1 \leq q_1 \leq k_2 \\ (c_3 - c_2)k_2 + (c_2 - c_1)k_1 & si \quad k_2 \leq q_1 \end{cases}$$

Le calcul de la dérivée de λ par rapport au niveau de la consommation q_1 donne alors :

$$\frac{\partial \lambda}{\partial q} = \begin{cases} -\frac{F}{q_1^2} & si \quad q_1 < k_1 \\ -\frac{F - D_2}{q_1^2} & si \quad k_1 < q_1 < k_2 \\ -\frac{F - D_3}{q_1^2} & si \quad k_2 < q_1 \end{cases} \quad (9)$$

La dérivée étant négative, sans ambiguïté, dans $]0, k_1[$, le prix total moyen apparaît comme une fonction décroissante de q_1 dans la première tranche de consommation. Le sens de variation est en revanche indéterminé dans $]k_1, k_2[$, le signe de la dérivée dépendant alors de la différence entre le montant de l'abonnement F et la valeur du D de Nordin dans la tranche 2, soit D_2 . Par la suite, si $D_2 > F$,

la dérivée est positive auquel cas le prix moyen est croissant dans l'intervalle $]k_1, k_2]$ et, plus généralement, croissant en n'importe quel niveau de consommation $q_1 \geq k_1$ (comme $D_3 > D_2$, on a alors et nécessairement $D_3 - F > 0$). Si maintenant $F > D_2$, le prix moyen demeure décroissant dans $]k_1, k_2]$ et il convient, pour pouvoir déterminer le sens de variation dans la tranche supérieure, de comparer le montant de l'abonnement F avec la valeur du D de Nordin dans la tranche n°3, soit D_3 . De façon plus générale, on vérifie alors sans peine que le prix moyen devient croissant dès que le D de Nordin devient supérieur au montant de l'abonnement, ce qui peut toutefois ne pas survenir (ie le prix total moyen n'admet pas nécessairement de minimum, voir figure 25 pour une illustration). Dans ce cas, le tarif pouvant être considéré comme dégressif, on ne saurait mesurer sa progressivité.

6.3

Soient deux tarifs de la forme :

$$b = (F, c_1, c_2, k_1)$$

et :

$$b' = (F, c_1, c'_2, k_1)$$

généralisant tous deux un prix total moyen qui admet son minimum en $q_1 = k_1$. Mesurer la progressivité du tarif par la valeur du minimum amène à considérer que ces deux barèmes sont équivalents, cela tant bien même le premier sera objectivement plus progressif que le second dès que $c_1 > c'_1$ (voir les figures 26 et 27 pour une illustration).

6.4 Analyse de la demande - une illustration

Les développements présentés dans le texte, tout en relevant des fondements de l'analyse de la demande, pouvant paraître obscurs pour les non-spécialistes, il peut être utile de les compléter par un cas pratique du à Deaton et Mullbauer [1980]. Le point de départ consiste à supposer que les préférences du Ménage sont décrites par une fonction d'utilité Stone Geary de la forme :

$$u(q_1, q_2) = \alpha \ln q_1 - \underline{q}_1 + (1 - \alpha) \ln q_2 - \underline{q}_2$$

avec α un paramètre compris entre 0 et 1 et \underline{q}_1 (resp \underline{q}_2) la consommation minimale en bien 1 (resp en bien 2) du Ménage. Sous cette hypothèse, la résolution du système (4) donné dans le texte conduit à une fonction de demande qui s'écrit :

$$\begin{aligned} q_1^d &= \phi(B - F, p_1, p_2) \\ &= k_1 + \alpha \frac{B - F - c\underline{q}_1 - p_2\underline{q}_2}{c} \end{aligned}$$

et l'on a en termes de dépense consacrée au bien 1, ie le montant de la facture d'eau vérifie :

$$\begin{aligned}
 D_1 &= F + c \times q_1^d \\
 &= F + cq_1 + \alpha(B - F) - \alpha cq_1 - \alpha p_2 q_2 \\
 &= F + (1 - \alpha) q_1 \times c - \alpha q_2 \times p_2 + \alpha(B - F) \\
 &= \theta_0 + \theta_1 \times p_1 + \theta_2 \times p_2 + \alpha \times (B - F)
 \end{aligned}$$

avec :

$$\begin{aligned}
 \theta_0 &= F \\
 \theta_1 &= (1 - \alpha) q_1 \\
 \theta_2 &= -\alpha q_2
 \end{aligned}$$

Avec une fonction d'utilité de type Stone-Geary, la dépense en eau est donc une fonction linéaire des prix ($p_1 = c$ et p_2) et du revenu net du montant de l'abonnement ($B - F$). L'estimation de cette relation, par des méthodes statistiques appropriées sur des données d'enquête telle la base Budget de Famille de l'INSEE par exemple, permet alors d'obtenir des valeurs numériques $\hat{\theta}_1$, $\hat{\theta}_2$ et $\hat{\alpha}$ des paramètres d'intérêt θ_1 , θ_2 et α . Disposant de ces valeurs, on est alors en mesure d'estimer, de façon indirecte, les consommations minimales en faisant :

$$\begin{aligned}
 \hat{q}_1 &= \frac{\hat{\theta}_1}{1 - \hat{\alpha}} \\
 \hat{q}_2 &= -\frac{\hat{\theta}_2}{\hat{\alpha}}
 \end{aligned}$$

Bien évidemment, cette façon de faire sera d'autant plus satisfaisante que les goûts des Ménages sont effectivement proches de ceux qui sont décrits par une fonction d'utilité de type Stone-Geary (ou, de façon équivalente, si la dépense est une fonction linéaire des prix et du revenu). Si maintenant tel n'est pas le cas, il conviendra de se tourner vers d'autres spécifications pour la fonction d'utilité ou, de façon équivalente, vers d'autres spécifications pour la fonction de demande.

6.5 Tests de bonne spécification

Partant de l'exemple d'un Ménage dont la consommation se situe en tranche 2, pour alléger la présentation, et négligeant les variables autres que les prix et le

revenu, la fonction de demande s'écrit à l'origine :

$$\begin{aligned} q^d &= \phi(R - F + D_2, c_2) \\ &= \phi(R_i - F + (c_2 - c_1) k_1, c_2) \end{aligned}$$

et l'on a dans le cas linéaire :

$$q^d = c^{ste} + \alpha \times (R - F + D_2) - \beta c_2$$

Dans un souci de tester la qualité de la spécification, ie la capacité de la relation à ajuster de façon satisfaisante le nuage de points, on estime dans la pratique une relation du type :

$$q = c^{ste} + \alpha \times (R - F) + \alpha' \times D_2 - \beta c_2$$

qui ne pose donc pas a priori l'égalité entre le coefficient qui est affecté au revenu et le coefficient qui est affecté au D de Nordin (forme non contrainte). Comme en théorie $\alpha = \alpha'$, les deux variables reflétant fondamentalement un même effet revenu, on dispose ainsi d'une restriction testable qui, si elle est satisfaite du point de vue statistique, permet de valider le choix d'une forme linéaire pour la fonction de demande.

Ce test de bonne spécification existe alors aussi dans un modèle en logarithme mais il prend une forme légèrement différente. Plus précisément, partant de l'équation de demande initiale :

$$\ln q^d = c^{ste} + \alpha \ln(R - F + D_2) - \beta \ln c_2$$

on peut écrire :

$$\begin{aligned} \ln q^d &= c^{ste} + \alpha \ln(R - F) \times \frac{R - F + D_2}{R - F} - \beta \ln c_2 \\ &= c^{ste} + \alpha \ln R - F + \alpha \ln \frac{R - F + D_2}{R - F} - \beta \ln c_2 \\ &= c^{ste} + \alpha \ln R - F + \alpha \ln \left(1 + \frac{D_2}{R - F} \right) - \beta \ln c_2 \\ &\simeq c^{ste} + \alpha \ln R - F + \alpha \frac{D_2}{R - F} - \beta \ln c_2 \end{aligned}$$

en exploitant le fait que $\ln 1 + x \simeq x$ au voisinage de $x = 0$. La forme non contrainte qui fait l'objet d'une estimation est alors donnée par :

$$\ln q = c^{ste} + \alpha \ln R - F + \alpha' \frac{D_2}{R - F} - \beta \ln c_2$$

et le test de bonne spécification consiste à tester toujours l'égalité des deux coefficients α et α' .

7 Bibliographie

Agthe D.E. & Billings R.B. [1997], “*Equity and conservation pricing policy for a government-run water utility*”, Journal of Water Supply Research and Technology. AQUA 46 (5), pp. 252–260.

Al-Quanibet M.H. & Johnston R.S. [1985], “*Municipal demand for water in Kuwait : methodological issues and empirical results*”, Water Resources Research 2 (4), pp. 433–438.

Arbuès F., Garcia-Valiñas M.A. & Martínez-Españeira R. [2003] “*Estimation of residential water demand : a state-of-the-art review*”, Journal of Socio-Economics, vol 32, pp. 81–102.

Billings R.B. [1982] “*Specification of block rate price variables in demand models*”, Land Economics 58 (3), pp. 386–393.

Billings R.B. [1987] “*Alternative demand model estimations for block rate pricing*”, Water Resources Bulletin 23 (2), pp. 341–345.

Billings R.B. & Agthe D.E. [1980] “*Price elasticities for water : a case of increasing block rates*”, Land Economics, 56 (1), pp. 73–84.

Binet M-E [2003] “*Une estimation de la demande d’eau à usage domestique avec dégradation de la qualité*”, Revue d’Economie régionale et urbaine, pp. 103-120.

Binet M-E, Durand S., Paul M. et Carlevaro F. [2004] Etudes des habitudes de consommation d’eau domestique potable à la Réunion, étude réalisée pour le compte de la DIREN, Université de La Réunion et Université de Genève

Binet M-E, Durand S., Paul M. et Carlevaro F. [2007] “*Econometric modeling and analysis of residential water demand based on unbalanced data*”, Prielad naya Econometrica, (Econometrie Appliquée), 4 (8), pp. 73-92.

Chong E. & Huet F. [2007] “*Public Investments in Franchise Bidding Contracts*”, document de travail CERESUR n°2007 – 4.

Coutellier A. & Le Jeannic F. [2007] “*La facture d’eau domestique en 2004, 177 euros par personne et par an*”, le 4 pages | ifen, n°117, mars 2007.

DAF Réunion [2006] Services publics d’alimentation en eau potable et services publics d’assainissement collectif à La Réunion Données annuelles, exercice 2005.

Dalhuisen J.M., Florax R.J.G.M., de Groot H.L.F. & Nijkamp P. [2003] “*Price and Income Elasticities of Residential Water Demand : a Meta-Analysis*”, Land Economics, 79 (2), pp. 292-308.

Dandy G., Nguyen T. & Davies C. [1997] “*Estimating residential water demand in the presence of free allowances*”, *Land Economics* 73 (1), pp. 125–139.

Deaton A. & Muellbauer J. [1980], *Economics and Consumer Behavior*, Cambridge University Press, Cambridge.

Debreu G. [1984] *Théorie de la valeur. Une analyse axiomatique de l'équilibre économique*, Dunod, Paris.

DIREN Réunion [2005] *Etat des lieux du District Hydrographique de La Réunion*, Chapitre 5 *Analyse économique des usages de l'eau*.

Eléments de diagnostic sur la politique de l'eau à la Réunion, Contribution à l'élaboration du CPER-DOCUP 2006-2013 et à une future révision du SDAGE, Principales priorités des services de l'État, Pôle environnement et développement durable, Préfecture de la Réunion, novembre 2005.

Foster H.S.J. & Beattie B.R. [1979] “*Urban residential demand for water in the United States*”, *Land Economics*, 55 (1), pp. 43–58

Foster H.S.J. & Beattie B.R. [1981] “*On the specification of price in studies of consumer demand under block price scheduling*”, *Land Economics* 57 (2), 624–629

Fusillier J.L. & Saqué C. [2003] “*Stratégies de production agricole et demande en eau d'irrigation. Une approche de la diversité des irrigants sur les périmètres hydro-agricoles du sud de l'île de la Réunion*”, in *Eau et littoral – préservation et valorisation de la ressource dans les espaces insulaires*, Karthala, Université de la Réunion, Chapitre 5, pp. 129-145.

Gaudin S., Griffin R.C. & Sickles R.C. [2001] “*Demand Specification for Municipal Water Management : Evaluation of the Stone-Geary Form*”, *Land Economics*, 77 (3), pp. 399-422.

Griffin R.C. & Chang C. [1990] “*Pretest analysis of water demand in thirty communities*”, *Water Resources Research* 26 (10), pp. 2251–2255.

Hansen L.G. [1996] “*Water and Energy Price Impacts on Residential Water Demand in Copenhagen*”, *Land Economics*, 72 (1), pp. 66-79.

Hewitt J.A. & Hanemann W.M. [1995] “*A discrete/continuous choice approach to residential water demand under block rate pricing*”, *Land Economics* 71 (2), pp. 173–192.

Howe C. W. & Linaweaver F.P. [1967] “*The Impact of Price on Residential Water Demand and its Relation to System Design and Price Structure*”, Water Resources Research, 3 (1), pp. 1332.

Huet F. [2007] “*Estimation d’une fonction de coût pour la production et la distribution d’eau potable pour les communes réunionnaises*”, mimeo, CERESUR - Université de La Réunion.

ifen [2007] Les services publics de l’eau en 2004 - volet eau potable, les dossiers | ifen 2007, n°7, octobre 2007.

Kulshreshtha S.N. [1996] “*Residential water demand in Saskatchewan communities : role played by block pricing system in water conservation*”, Canadian Water Resources Journal, 21, n°2, pp. 139-155.

Lyman R.A. [1992] “*Peak and off-peak residential water demand*”, Water Resources Research 28 (9), pp. 2159–2167.

Malinvaud E. [1983] *Leçons de théorie microéconomique, modules économiques*, Dunod, Paris.

Maresca B., Poquet G., Pouquet L. & Ragot K. [1997] *L’eau et les usages domestiques, Comportements de consommation de l’eau dans les Ménages*, Cahier de Recherche n°104, CREDOC, Sept. 1997.

Martinez-Espiñeira R. [2002] “*Residential water demand in the Northwest of Spain*”, Environmental and Resource Economics 21 (2), pp. 161–187

Miaou S.P. [1990] “*A class of time-series urban water demand models nonlinear climatic effects*”, Water Resources Research 26 (2), pp. 169–178

Montginoul M. [2002] *La consommation d’eau des Ménages en France : état des lieux, étude réalisée pour le compte du Ministère de l’Ecologie et du Développement Durable*.

Nauges C. & Thomas A. [2000] “*Dynamique de la consommation d’eau potable des ménages : une étude sur un panel de communes françaises*”, Economie et Prévision, n°143 – 144, pp. 175-184.

Nauges C. & Reynaud A. [2001] “*Estimation de la demande domestique d’eau potable en France*”, Revue économique, vol 52, n°1, pp. 16è-185.

Nieswiadomy M.L. & Molina D.J. [1988] “*Urban water demand estimates under increasing block rates*”, Growth and Change 19 (1), pp. 1–12.

Nieswiadomy M.L. & Molina D.J. [1989] “*Comparing residential water estimates under decreasing and increasing block rates using household data*”, *Land Economics* 65 (3), pp. 280–289.

Renwick M.E. & Green R. [2000] “*Do residential water demand side management policies measure up? An analysis of eight California water agencies*”, *Journal of Environmental Economics and Management* 40 (1), pp. 37–55.

Richefort L. [2006] “*La diffusion de technologies d’irrigation économes en eau à l’île de la Réunion*”, mimeo.

Schéma Directeur d’Aménagement et de Gestion des Eaux de la Réunion [2002], chapitre C Les orientations et mesures du SDAGE.

Stevens T.H., Miller J. & Willis C. [1992] “*Effect of price structure on residential water demand*”, *Water Resources Bulletin* 28 (4), pp. 681–685.

Young C.E., Kingsley K.R. & Sharpe W.E. [1989] “*Impact on residential water consumption of an increasing rate structure*”, *Water Resources Bulletin* 19 (1), pp. 81–86.