Une tarification saisonnière pour le gaz ? Les coûts d'un schéma de régulation rigide pour un bien stockable dont la demande varie.

Etienne Billette de Villemeur[1]

On étudie l'incidence sur bien-être social d'une contrainte de tarification uniforme dans le temps, dans un environnement où la demande est soumise à de fortes variations saisonnières mais où le stockage est possible. Les caractéristiques (inter-temporelles) de l'allocation optimale sont établies, avec et sans contrainte de tarification uniforme, dans un modèle où l'opérateur, un monopole régulé, est tenu à pourvoir à l'ensemble de la demande. La perte de bien-être associée à un schéma de régulation rigide apparaît comme "du second-ordre". Une modulation tarifaire permettrait cependant de réduire les besoins en stockage.

GAZ SEASONAL PRICING ?
COSTS OF RIGID REGULATION
FOR A STORABLE GOOD WITH VARYING DEMAND.

This paper studies the impact on social welfare of "constant pricing", in an economic environment where demand fluctuates but storage is possible. We assume that supply by the regulated monopoly must clear demand. The (inter-temporal) characteristics of the optimal allocation are determined, with and without the "constant pricing" constraint. The welfare losses that follow from rigid regulation appear to be of second order. However, time-varying (optimal) pricing would reduce the needs in terms of storage capacity.

Mots clefs : Régulation, Fluctuations, Stockage, Prix Uniforme, Gaz.

Classification *JEL* : L93 ; L51

[1] IDEI et GREMAQ, Université de Toulouse, etienne.devillemeur@univ-tlse1.fr

[1] Je tiens à remercier Bertrand Villeneuve pour de stimulantes discussions, Jérôme Foncel pour sa mise en perspective des résultats au colloque de l'AFSE et Alain Bousquet pour sa relecture attentive. Je reste seul responsable des erreurs qui pourraient subsister dans cet article.

Une tarification saisonnière pour le gaz ? Les coûts d'un schéma de régulation rigide pour un bien stockable dont la demande varie.

On étudie l'incidence sur bien-être social d'une contrainte de tarification uniforme dans le temps, dans un environnement où la demande est soumise à de fortes variations saisonnières mais où le stockage est possible. Les caractéristiques (inter-temporelles) de l'allocation optimale sont établies, avec et sans contrainte de tarification uniforme, dans un modèle où l'opérateur, un monopole régulé, est tenu à pourvoir à l'ensemble de la demande. La perte de bien-être associée à un schéma de régulation rigide apparaît comme "du second-ordre". Une modulation tarifaire permettrait cependant de réduire les besoins en stockage.

GAZ SEASONAL PRICING ?
COSTS OF RIGID REGULATION
FOR A STORABLE GOOD WITH VARYING DEMAND.

This paper studies the impact on social welfare of "constant pricing", in an economic environment where demand fluctuates but storage is possible. We assume that supply by the regulated monopoly must clear demand. The (inter-temporal) characteristics of the optimal allocation are determined, with and without the "constant pricing" constraint. The welfare losses that follow from rigid regulation appear to be of "second order". However, time-varying (optimal) pricing would reduce the needs in terms of storage capacity.

Mots clefs : Régulation, Fluctuations, Stockage, Prix Uniforme, Gaz.

Classification *JEL* : L93 ; L51

Le secteur gazier est un secteur industriel d'importance duquel nous retiendrons deux caractéristiques essentielles. La demande en gaz est sujette à de très fortes variations saisonnières, comme pour l'ensemble du secteur énergétique.[2] Et, au contraire de l'électricité, le gaz peut facilement être stocké. Comme il est substituable dans la quasi-totalité de ses usages, le gaz joue un rôle important pour le "lissage" de la production énergétique.[3] C'est la

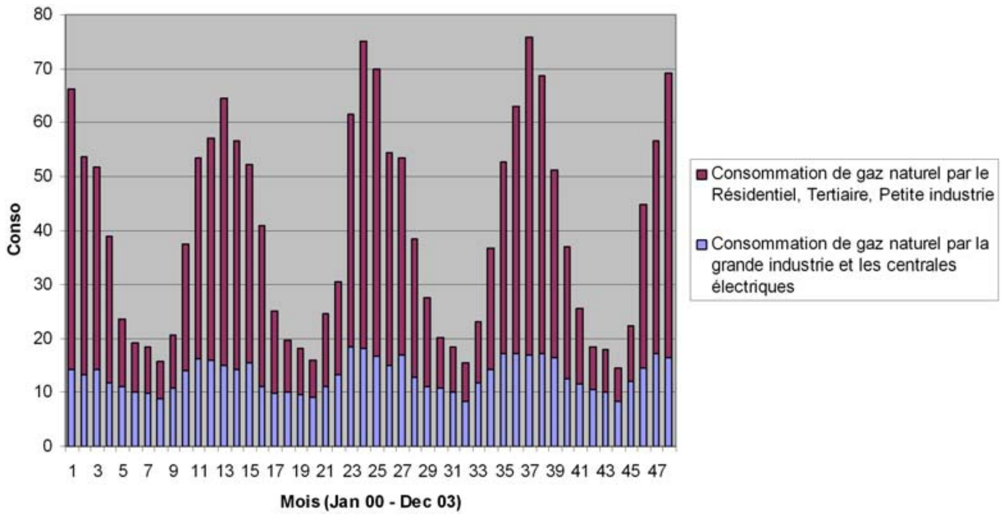
[2] Sur la période 2000-2003, la consommation durant le mois de janvier est environ quatre fois supérieure à la consommation du mois d'août (Mes calculs, d'après les séries statistiques de l'INSEE)

[3] Selon la Direction Générale des Matières Premières et de l'Energie (DGMPE), les stocks utiles représentaient un peu plus de 15% de la consommation des années 2004 et 2005. (Source : "Gaz naturel en France : les principaux résultats en 2005" DGEMP / Observatoire de l'énergie. Avril 2006)

raison pour laquelle, malgré la part relativement faible qu'il représente dans la consommation d'énergie primaire (un peu plus de 20% pour l'Union Européenne avant son élargissement, environ 15% en France), c'est un secteur qui joue un rôle clef dans la politique énergétique.

En dépit du fait que les plus importants clients industriels s'approvisionnent directement auprès des transporteurs, Gaz de France réalise 88% du total des ventes de gaz en volume. Si l'on prend en compte le fait que nombre de distributeurs, bien qu'entités indépendantes, sont contrôlés par l'Etat, il apparaît que seul 3% des ventes de gaz en volume sont réalisées par des distributeurs "non nationalisés". Il est donc assez légitime de considérer qu'en dépit du mouvement de libéralisation, le secteur gazier est encore essentiellement monopolistique et réglementé.

Fig. 1 – Consommation mensuelle de Gaz Naturel en France



Pour préserver les petits consommateurs des conséquences que comporterait une tarification des "pointes", il est d'usage d'adopter un prix constant, c'est à dire de ne pas moduler le prix du gaz en fonction de la demande ou même de la saison. Une étude attentive de la structure de la consommation de Gaz Naturel en France montre en effet que la demande de l'industrie est sensiblement constante et que l'essentiel des variations observées résulte des besoins en chauffage. Néanmoins, l'impact d'une telle contrainte sur le processus de production du monopole et plus généralement sur le bien-être social est assez mal connu.

La littérature des années soixante-dix et quatre-vingt étudie les questions de la tarification optimale en l'absence de stockage et de toute contrainte sur les

prix. C'est le cas notamment de Carlton (1977). La notion d'investissement en capacité apparaît avec Chao (1983), et celle de rationnement optimal est introduite par Wilson (1989). Dans toutes ces contributions, la notion de stockage n'est cependant pas présente.
La littérature sur le stockage a elle aussi une longue tradition et fait depuis peu l'objet d'un regain d'intérêt. L'impact du stockage sur la dynamique des prix est étudié par Deaton et Laroque (1996). Dans cette contribution, il n'y a cependant aucune restriction posée sur les prix.
A notre connaissance, la seule contribution qui combine l'ensemble des caractéristiques du secteur gazier soulignées ici est un article récent de Chaton, Creti et Villeneuve (2007). Leur étude beaucoup plus ample que la nôtre et orientée au marché nord-américain est cependant envisagée dans un contexte concurrentiel. Par opposition, nous nous concentrons sur le cas du monopole, qui nous semble plus pertinent pour aborder la question de la tarification uniforme. En effet, quand bien-même certains clients industriels peuvent d'ors-et-déjà s'adresser aux marchés, la fourniture en gaz des ménages reste, au moins en France totalement réglementée.

La contrainte de prix uniforme (dans l'espace) a donné lieu à de nombreuses contributions, par exemple dans le secteur postal. Rares sont cependant les études qui s'attachent à en étudier l'impact sur le bien-être et ne font pas que l'imposer *a priori*.

Dans cet article nous étudions les conséquences pour le bien-être social d'une tarification constante dans le temps. Après une brève présentation du modèle (Chapitre I), nous calculons l'optimum social (en l'absence de toute contrainte) tel que caractérisé par la politique de production, de stockage et de tarification au cours du temps (Chapitre II). Il apparaît qu'il peut être défini "période-par-période" et qu'il est possible de le décentraliser par une tarification au coût marginal. En ce sens, les résultats de Brown et Johnson (1969) s'étendent au cas où le stockage est possible. Cette offre optimale est ensuite comparée à la situation de second-rang où l'opérateur doit parvenir à l'autofinancement (Chapitre III). On montre alors que les éventuelles fluctuations sur les coûts se retrouvent amplifiées au niveau des prix. Une telle tarification a évidement pour avantage de limiter les fluctuations de la demande et donc les besoins en stockage, ce qui n'est pas le cas lorsque le planificateur social se restreint à une politique tarifaire constante au cours du temps (Chapitre

IV). On montre alors que, cette contrainte n'altère en rien l'efficacité du processus de stockage et de production. Et donc que les distorsions induites par la contrainte de prix uniforme sont toutes entières contenues dans leur effet sur la demande. En conséquence, l'évaluation des effets d'une telle politique tarifaire passe uniquement par l'étude de son impact sur la consommation. Notre analyse théorique nous permet de mettre en évidence que la perte en bien-être liée à l'adoption d'une tarification uniforme n'est que du "second-ordre" (Chapitre V). Nous pouvons alors conclure, au contraire de Hausman et Neufeld (1984) qui contemplent le marché de l'électricité, qu'il n'y a peut-être pas lieu de s'étonner de l'absence presque totale de tels schémas tarifaires sur le marché du gaz, en dépit des nombreux avocats de la tarification des périodes de "pointe". Notre étude ne justifie pas, cependant, la tarification uniforme. Elle en relativise seulement le préjudice. Plus précisément, elle met en évidence que les bénéfices d'une tarification saisonnière sont liés avant tout à la réduction des besoins en stockage qui devrait l'accompagner dans le long terme.

1 LE MODELE

L'offre de gaz provient d'un unique opérateur dont on suppose qu'il cherche à maximiser le bien-être social. On subdivise l'année en T périodes et on suppose que le monopole dispose d'une capacité de stockage $\overline{Z}$ qui lui permet de tenir en réserve une quantité de gaz $Z \leq \overline{Z}$ à un coût $R(Z)$ par période. Ces réserves ne sont pas des réserves stratégiques. Elles sont utilisées par l'entreprise aux seules fins du lissage des variations saisonnières de la demande. Le coût de production $C(\cdot)$ est en effet supposé être une fonction croissante et convexe de la quantité Q de gaz produite au cours de la période. Pour minimiser les coûts, il convient donc d'étaler au mieux la production.
Comme on se place dans un environnement stationnaire, on supposera qu'il n'y a pas de réserves ni au début de la première période, ni à la fin de la dernière.

Soit $S_t(\cdot)$ le surplus brut du consommateur représentatif, une fonction de son niveau de consommation X mais également de la période t considérée. Le surplus net est obtenu en soustrayant la dépense afférente à la consommation effectuée durant cette même période.
La forme additivement séparable du surplus annuel total (c'est à dire le fait

que ce surplus puisse s'écrire comme la somme du surplus attaché à chaque période et que ce dernier ne dépende que de la consommation pendant cette même période) traduit l'absence de toute substitution entre les différentes périodes. Cette hypothèse du modèle, fort raisonnable si la durée de la période est "assez longue", distingue clairement cette étude des travaux visant à quantifier l'impact d'une modulation tarifaire au cours de la journée[4]. Dans le cas d'une tarification différentiée suivant l'heure du jour (le "time of day pricing"), l'objectif consiste justement à s'appuyer sur les possibilités de substitutions de certains consommateurs pour les amener à repousser (ou anticiper) leur consommation. Ce faisant, il devient possible de lisser les pics de consommation (au moins partiellement), et réduire grandement les coûts. Ce schéma tarifaire, envisagé et mis en oeuvre dans le secteur de l'électricité pour l'essentiel, a tout son sens dans une industrie où le bien produit n'est pas stockable. Par contraste, nous considérons ici un secteur où le produit peut-être stocké et où la durée de la période interdit toute substitution inter-temporelle de la part des consommateurs.

Au vu des hypothèses à peine mentionnées, la fonction de demande se définit simplement de la manière suivante :

$$X_t\left(p\right) = \arg\max_X \left\{S_t\left(X\right) - pX\right\}. \tag{1}$$

L'expression (1) rend compte du fait que, indépendamment des variations éventuelles du prix p, la demande en gaz dépend de la date t considérée. En effet, une part importante de la consommation gazière est dévolue au chauffage, ce qui explique les fortes variations saisonnières observées.[5] Et, par opposition à l'opérateur gazier, les consommateurs ne sont pas supposés pouvoir stocker le gaz afin d'étaler leur consommation.

Le bien-être social est constitué de la somme du surplus des consommateurs et du profit de l'entreprise, pour chacune des périodes considérées.

[4] Voir à ce propos le numéro spécial du "Journal of Econometrics" édité par D. Aigner (1984)

[5] Dans un modèle plus élaboré, il faudrait distinguer la consommation aux fins de la production, pour laquelle l'utilité marginale reste constante au cours du temps, et celle destinée au chauffage pour laquelle cette même utilité varie. Une telle distinction permettrait d'introduire les notions de priorité d'approvisionnement et de contrat interruptible.

2 OPTIMUM DE PREMIER RANG

2.1 Calcul de l'allocation optimale

L'allocation de premier rang est celle qui maximise le surplus (annuel) total. A ce stade de l'analyse, le monopole public n'est soumis à aucune contrainte d'autofinancement. Nous supposons donc que les coûts fixes (de maintien du réseau et des capacités de stockage) peuvent êtres financés par une subvention de l'Etat, sans que cela pose de problèmes d'efficience.

Le surplus (annuel) total s'écrit comme la somme actualisée du surplus de chaque période :

$$W_1(Z_1) = \sum_{t=1}^{T} \beta^{t-1} \{S_t(X_t) - C(Q_t) - R(Z_{t+1}) - F\}, \tag{2}$$

où, pour chaque période t, on soustrait du surplus brut l'ensemble des coûts, c'est-à-dire les coûts de production $C(Q_t)$, de stockage $R(Z_{t+1})$ ainsi que les coûts d'entretien du réseau et des installations F. La quantité Z_1 correspond au niveau de stock disponible au début de la première période. On supposera sans perte de généralité que cette première période est celle où les stocks sont les plus bas et donc que $Z_1 (= Z_{T+1}) = 0$ (par normalisation).

Conformément à la législation en vigueur en France, nous supposons que l'opérateur est soumis à des obligations de service public portant, entre autres sur *la continuité de la fourniture de gaz.* Production et stockage doivent permettre de pourvoir à la demande à chaque période si bien que, pour tout $t = 1, 2, ..., T$, la condition suivante doit toujours être remplie :

$$X_t \leq Q_t + Z_t. \tag{3}$$

Comme le niveau des stocks évolue suivant l'équation de transition

$$Z_{t+1} = Z_t + Q_t - X_t, \tag{4}$$

il est suffisant de s'assurer que le niveau des stocks reste positif ou nul pour cette condition soit satisfaite.

Pour résoudre ce problème d'optimisation, il est utile de procéder de manière récursive et d'introduire la somme (actualisée) des surplus nets sur les périodes t à T :

$$W_t(Z_t) = \sum_{j=t}^{T} \beta^{j-t} \{S_j(X_j) - C(Q_j) - R(Z_{j+1}) - F\}, \tag{5}$$

où Z_t est la quantité stockée à la période $t-1$ et donc disponible à la période t.

L'allocation optimale est définie par la donnée du triplet (X_t, Q_t, Z_{t+1}) pour toutes les périodes du cycle $t = 1, .., T$.

2.1.1 Calcul de l'allocation en fin de cycle ($t = T$)

Pour le cas particulier de la dernière période, durant laquelle il n'y a pas de stockage ($Z_{T+1} = 0$), on sait que la consommation est exactement égale à la somme des réserves accumulées et de la production de la période : $X_T = Z_T + Q_T$. Le niveau optimal de production Q_T^* est donc donné par la condition du premier ordre :

$$S_T' \left(Q_T^* + Z_T\right) = C' \left(Q_T^*\right). \tag{6}$$

Clairement, le niveau de production optimal en dernière période est une fonction décroissante du niveau de stock hérité de la période précédente. Plus précisément, il doit être tel que son coût marginal de production égalise le bénéfice marginal de la consommation sur cette même période, c'est à dire de *la somme de la production et du stock disponible.* Par suite, un niveau de stock Z_T disponible en début de période T (en fin de période $T-1$) augmente le bien-être d'une contribution marginale égale au surplus marginal (brut) de la dernière période :

$$\frac{dW_T}{dZ_T} = \left(\frac{dQ_T^*}{dZ_T} + 1\right) S_T' \left(Q_T^* + Z_T\right) - \frac{dQ_T^*}{dZ_T} C' \left(Q_T^*\right) = S_T' \left(X_T^*\right), \tag{7}$$

où $X_T^* = Q_T^* + Z_T$ définit la consommation optimale à la période T.

2.1.2 Allocation optimale en période intermédiaire ($t < T$)

Pour les périodes $t < T$, il est possible de redéfinir le problème d'optimisation décrit par l'équation (5) de la manière suivante :

$$\begin{aligned} W_t\left(Z_t\right) &= \max_{(X_t, Q_t)} \left\{S_t\left(X_t\right) - C\left(Q_t\right) - R\left(Z_{t+1}\right) - F + \beta W_{t+1}\left(Z_{t+1}\right)\right\} \qquad (8) \\ s.l.c. \quad Z_{t+1} &= Q_t - X_t + Z_t. \end{aligned}$$

En différentiant (8) par rapport à X_t et Q_t, on obtient les conditions du premier ordre suivantes :

$$S_t'\left(X_t\right) = \beta W_{t+1}'\left(Z_{t+1}\right) - R'\left(Z_{t+1}\right), \tag{9}$$

$$\beta W_{t+1}'\left(Z_{t+1}\right) = C'\left(Q_t\right) + R'\left(Z_{t+1}\right). \tag{10}$$

L'équation (9) décrit l'arbitrage inter-temporel *en terme de consommation.* Elle égalise le surplus marginal brut de la consommation durant la période t et le bénéfice marginal net d'un report de cette consommation. En limitant la consommation d'une unité à la période t, le stock pour la période suivante s'en trouve augmenté d'autant. D'où une augmentation marginale du bien-être de $W'_{t+1}(Z_{t+1})$, actualisée au taux β de préférence pour le présent, mais également une augmentation marginale des coûts de stockage $R'(Z_{t+1})$ pour la période considérée.
L'équation (10) illustre quant à elle l'arbitrage inter-temporel attaché *à la production et à la constitution des stocks.* Elle égalise le bénéfice marginal (en termes de bien-être) des stocks pour le futur avec leur coût marginal, c'est-à-dire la somme du coût marginal de production et de stockage.
En combinant (9) et (10), il apparaît que les niveaux optimaux de consommation X_t^* et de production Q_t^* sont tels que, pour chaque période t, il y a égalité du bénéfice marginal (brut) et du coût marginal :

$$S'_t(X_t^*) = C'(Q_t^*). \tag{11}$$

En d'autres termes, malgré la complexe interaction de la production et du stockage, la règle d'optimalité de ce problème inter-temporel reste définie en termes de coûts et bénéfices marginaux *période par période.*

L'équation (1) décrivant le comportement du consommateur permet d'écrire $S'_t(X_t) = p_t$ où p_t est le prix du gaz à la période t. En substituant cette valeur dans l'équation (11), on obtient directement $p_t = C'(Q_t^*)$. Par ailleurs, on peut montrer que l'utilité marginale du stock Z_t est exactement égale à l'utilité marginale procurée par la consommation du bien X_t. En effet, la double application du théorème de l'enveloppe et l'équation (9) permettent d'écrire que $W'_t(Z_t) = S'_t(X_t^*)$. Et, par suite,

$$p_t = S'_t(X_t^*) = C'(Q_t^*) = \beta S'_{t+1}(X_{t+1}) - R'(Z_{t+1}). \tag{12}$$

Cette expression montre que *(i)* l'optimum de premier rang peut être décentralisé par la tarification au coût marginal et que *(ii)* la valeur marginale nette du gaz stocké pour les périodes futures est exactement égale à son prix de vente pendant la période t. Les choix de consommation et de stockage s'opèrent donc de manière efficace : le niveau de consommation est tel que son bénéfice marginal est exactement égal au coût marginal de production. En d'autres termes, aucun consommateur n'est inutilement rationné et les coûts (marginaux) n'excèdent pas non plus les bénéfices retirés de la production. Quant à la quantité stockée elle conduit à un bénéfice social pour les période futures (net des coûts de stockage) exactement égal à celui qui serait obtenu par la mise sur le marché de la quantité correspondante.

Pour obtenir une formulation du profil inter-temporel de l'optimum de premier rang plus explicite que ce qui est permis par l'équation (12), il est utile d'introduire ici deux hypothèses supplémentaires, au demeurant fort raisonnables. Supposons d'abord que, sur l'horizon temporel considéré, on puisse assimiler le facteur d'actualisation β à *un*. Supposons ensuite que les coûts de stockage ne résultent que de la mise en place et de la maintenance d'infrastructures aptes à accueillir des réserves. Plus précisément, supposons que les coûts de stockage ne dépendent pas de la quantité stockée : $R'(Z) \equiv 0$. Sous ces deux hypothèses, le membre de droite de l'équation (12) n'est pas différent du prix p_{t+1} si bien que l'allocation optimale est caractérisée par l'équation :

$$p^* = S_t'(X_t^*) = C'(Q^*) . \tag{13}$$

En d'autres termes, dans le cadre de cette représentation idéalisée et en l'absence de problèmes de rationnement, l'allocation qui maximise le bien-être social est obtenue par *une tarification* "au coût marginal"*, constante au cours du temps* et *une production uniformément répartie tout au long du cycle.*

3 OPTIMUM DE SECOND RANG

3.1 Tarification inter-temporelle *à la* Ramsey-Boîteux

Si l'allocation de premier rang calculée précédemment maximise le surplus (annuel) total, il n'y a aucune raison qu'elle permette à l'opérateur de survivre. Ceci est particulièrement vrai dans le secteur gazier. Dans son rapport de 1994, l'Agence Internationale pour l'Energie estime qu'en 1990, en France comme aux Etats-Unis, les coûts de transport et de distribution représentaient, pour le consommateur final, près de 60% du prix. Il n'est donc pas réaliste de considérer comme objectif à atteindre la politique tarifaire de premier rang introduite ci-dessus. La seule politique optimale (en terme de bien-être) qui puisse réellement être mise en oeuvre consisterait à maximiser le surplus (annuel) total tel que défini en (2) , sous contrainte de budget. C'est l'objectif de cette section que de caractériser une telle politique.

Le profit annuel de l'opérateur s'écrit

$$\Pi = \sum_{t=1}^{T} (1+r)^{1-t} \{p_t X_t - C(Q_t) - R(Z_{t+1}) - F\} \geq 0, \tag{14}$$

où r est le taux d'intérêt sur les marchés financiers. Aux fins de cette étude, tout comme on peut estimer que le facteur d'actualisation β est proche de *un*, on pourra supposer que le taux d'intérêt r est *nul*. Le Lagrangien associé au programme de second-rang à peine introduit s'écrit alors

$$L = \sum_{t=1}^{T} \{[S_t(X_t) - C(Q_t) - R(Z_{t+1}) - F] + \lambda [p_t X_t - C(Q_t) - R(Z_{t+1}) - F]\}. \tag{15}$$

où λ est le multiplicateur associé à la contrainte d'autofinancement (14). On observera que cette contrainte est supposée s'exercer sur l'ensemble de l'exercice, et non pas pour chaque période. Ici encore, en cohérence avec l'hypothèse de la nullité des taux d'intérêt, on supposera qu'un éventuel déficit temporaire est sans conséquence pour l'opérateur.

L'allocation de second-rang est à nouveau définie en deux temps, d'abord par la donnée du triplet (X_T, Q_T, Z_{T+1}) de fin de cycle, puis par le triplet (X_t, Q_t, Z_{t+1}) pour les périodes précédentes.

3.1.1 Calcul de l'allocation en fin de cycle ($t = T$)

Si l'on veut éviter tout rationnement, la production en dernière période doit compléter les réserves accumulées au cours des périodes précédentes pour pouvoir satisfaire la demande. Formellement, $Q_T = X(p_T) - Z_T$, si bien que le prix p_T est défini par l'équation implicite

$$\frac{p_T - C'(Q_T)}{p_T} = \frac{\lambda}{1+\lambda} \frac{1}{\epsilon_{X_p(T)}}, \tag{16}$$

où $\epsilon_{X_p(T)}$ désigne (la valeur absolue de) l'élasticité-prix de la demande à la date T :

$$\epsilon_{X_p(T)} = \frac{p_T}{X_T} \left(\frac{-dX_T(p_T)}{dp_T} \right). \tag{17}$$

Si la politique optimale $p_T^{**}(Z_T)$ telle que définie en (16) est mise en oeuvre, une variation marginale du stock Z_T induit une augmentation marginale du bien-être et des profits générés *en dernière période* qui peuvent être estimées comme suit :

$$\frac{dW_T}{dZ_T} = C'(Q_T) - \frac{\lambda}{1+\lambda} X_T \left(\frac{dp_T}{dZ_T} \right), \tag{18}$$

$$\frac{d\Pi_T}{dZ_T} = C'(Q_T) + \frac{1}{1+\lambda} X_T \left(\frac{dp_T}{dZ_T} \right). \tag{19}$$

Un stock Z_T plus élevé en début de période T permet non seulement de réduire la production Q_T (et donc les coûts), mais également le prix p_T *de dernière période*. Comme établit dans l'équation (7), en l'absence de contrainte budgétaire, une augmentation marginale du stock Z_T induit une augmentation marginale du bien-être en dernière période qui est égale au coût marginal de production. L'équation (18) indique que *ceteris paribus,* c'est à dire à consommation inchangée *en dernière période*, une augmentation marginale du stock Z_T a un impact (positif) majeur sur le bien-être qu'en l'absence de contrainte budgétaire. Il est à noter cependant que, dans ce dernier cas, la consommation serait supérieure à celle qui prévaut en dernière période lorsque le prix est fixé conformément à la politique définie en (16). Il n'est donc pas possible à ce stade de comparer l'impact d'une augmentation marginale du niveau des stocks sur le bien-être en dernière période ; et donc de savoir si la politique considérée ici appelle à la constitution de plus amples réserves que celles constituées dans le cadre de l'optimum de premier rang.[6]

L'équation (19) reflète elle aussi le double impact d'une variation du stock Z_T sur les profits de l'opérateur *en dernière période*. L'opérateur économise sur les coûts de production de la période, d'une part. Mais ces gains sont en partie contrebalancés par la baisse du prix optimal p_T^{**} permise par l'augmentation du stock Z_T d'autre part. Au total, l'augmentation marginale des profits en dernière période ($d\Pi_T/dZ_T$) apparaît moindre que celle qui prévaudrait en l'absence de contrainte budgétaire.[7] En d'autres termes, *ceteris paribus,* la recherche de profits tend à réduire la constitution de réserves pour la dernière période. Pour savoir ce qu'il en est effectivement, il convient de revenir au problème général, ce qui est l'objet du paragraphe suivant.

3.1.2 Allocation optimale en période intermédiaire ($t < T$)

La contrainte budgétaire rend explicitement les politiques optimales des différents périodes interdépendantes. C'était cependant déjà le cas pour l'optimum de premier rang de part la possibilité même de constituer des réserves pour les périodes successives. Il en tout cas est assez remarquable que la politique optimale de second-rand puisse elle aussi être définie *période par période.*

[6] C'est d'autant plus vrai que, dans le cadre de la politique de second-rang, le niveau optimal des stocks est déterminé par la considération conjointe de son impact sur le bien-être *et* sur le profit.

[7] A nouveau, il importe cependant de bien distinguer *variation marginale* et *niveau* des profits de dernière période. En effet, les profits de l'opérateur en dernière période sont bien évidement supérieurs à l'optimum de second-rang qu'à l'optimum de premier rang.

On peut montrer en effet que le prix du gaz doit obéir à une simple règle de "Ramsey-Boîteux".
Quant à l'évolution des stocks, elle obéit à une équation dynamique identique à celle définie pour le premier rang. Naturellement, ceci ne signifie pas que les stocks sont identiques dans les deux cas car la consommation, la production et donc les nécessités en termes de stockage sont différents. Cependant, le fait d'obéir à une même équation de transition permet de faire un lien univoque entre politiques tarifaires et politique de stockage.

Du point de vue formel, on peut écrire les conditions du premier ordre qui découlent de la maximisation par rapport à p_t et Z_{t+1} du Lagrangien (15), sous la forme suivante :

$$\frac{p_t - C'(Q_t)}{p_t} = \frac{\lambda}{1+\lambda}\frac{1}{\epsilon_{X_p(t)}}, \tag{20}$$

$$C'(Q_t) + R'(Z_{t+1}) = C'(Q_{t+1}), \tag{21}$$

où $\epsilon_{X_p(t)}$ désigne (la valeur absolue de) l'élasticité de la demande à la date t. L'équation (20) permet de comparer la distribution des prix de la politique de premier rang et de second rang. *Pour une distribution donnée de coûts marginaux de production* $\{C'(Q_t),\ t = 1..T\}$, les prix de la politique de second rang sont toujours plus élevés que ceux qui dérivent de la politique de premier rang. Par ailleurs, même si l'élasticité de la demande était constante dans le temps, la variance de leur distribution serait plus élevée. Si élasticité et demande sont négativement corrélées, c'est à dire, si les périodes de forte demande sont aussi celles où la valeur absolue de l'élasticité-prix de la demande est faible (parce que par exemple par grand froid l'accès à l'énergie devient primordial), la volatilité des prix s'en trouve exacerbée. En effet, (20) se réécrit directement

$$p_t = \left(1 - \frac{\lambda}{1+\lambda}\frac{1}{\epsilon_{X_p(t)}}\right)^{-1} C'(Q_t),$$

où $\left(1 - \frac{\lambda}{1+\lambda}\frac{1}{\epsilon_{X_p(t)}}\right)^{-1} > 1$ et diminue avec $\epsilon_{X_p(t)}$. Il s'en suit que, toujours pour une distribution donnée des coûts marginaux de production, le niveau de la demande et l'amplitude de ses variations tendent à être plus faible si la politique de second rang est mise en oeuvre que si c'est celle de premier rang qui est appliquée. En pratique, la production et donc le coût marginal $C'(Q_t)$ est endogène ce qui devrait atténuer les effets susmentionnés. Seule une étude empirique pourrait déterminer l'exacte ampleur de ces ajustements. Toutefois, il semble cependant raisonnable de considérer que les résultats qualitatifs de-

meurent.
De part l'équation (21) et la convexité de la fonction de coût, il y aura, autant que faire se peut, “lissage” de la production. Il apparaît *in fine,* que si le niveau de la demande et l'amplitude de ses variations s'en trouvent réduits lorsque l'on passe de l'allocation optimale de premier rang à celle de second-rang, alors le niveau des stocks à chaque période sera également moindre.

Si on se place enfin dans le cadre idéal où les coûts marginaux de stockage sont nuls, *la production sera constante dans le temps* : $Q_t = Q^{**}$. L'allocation optimale de second-rang peut alors être décentralisée par la politique tarifaire suivante :

$$\frac{p_t^{**} - C'(Q^{**})}{p_t^{**}} = \frac{\lambda}{1+\lambda} \frac{1}{\epsilon_{X_p(t)}}. \tag{22}$$

Il s'en suit que *les variations de prix ne sont dues qu'aux seules variations de l'élasticité de la demande au cours du temps.* Puisque le prix optimal était constant dans le cadre de l'allocation de premier rang, il apparaît que ces fluctuations tarifaires ne découlent que de la nécessité pour l'opérateur de couvrir ses coûts. Elles constituent en fait la manière la moins coûteuse (en termes de bien-être social) d'y parvenir.

Comme nous le mettrons en évidence par la suite, la politique tarifaire (22) permet à l'opérateur de couvrir ses coûts à un prix moyen inférieur à celui qui serait nécessaire si le prix était nécessairement constant. Par ailleurs, comme déjà mentionné plus haut, si élasticité et demande sont négativement corrélées (ce qui apparaît comme une hypothèse éminemment raisonnable), les fluctuations du prix attachées à cette politique tarifaire ont comme avantage de réduire les besoins en stockage et en fin de compte le coût des infrastructures nécessaires au bon fonctionnement du réseau. Pour éviter de nous cantonner à des telles affirmations, aussi péremptoires qu'imprécises, et essayer d'évaluer l'impact sur le bien-être d'une tarification uniforme, nous abordons maintenant explicitement la question de la maximisation du bien-être sous contrainte de tarification constante dans le temps.

4 Maximisation du bien-être sous contrainte de prix uniforme

Quand bien même l'opérateur gazier affiche des objectifs de service public, la pratique qui prévaut à ce jour dans le secteur du gaz diffère de la politique

de second-rang introduite plus haut : la tarification est en général constante dans le temps.
Il existe bien-sûr de multiples "justifications" à une telle pratique. Un argument régulièrement évoqué en faveur d'une tarification uniforme est l'aversion des consommateurs aux fluctuations tarifaires. Cet aspect, fort pertinent dans le cadre d'une modulation journalière des tarifs, ne nous semble pas pertinent dans le cadre envisagé ici, dans la mesure où la durée et le petit nombre de périodes rendraient la grille tarifaire parfaitement transparente et anticipée. Un autre argument avancé en faveur d'une tarification uniforme réside dans la complexité du mécanisme de régulation nécessaire à la mise en oeuvre de la politique tarifaire définie ci-dessus. Il n'est pas à exclure en effet qu'un opérateur doté d'une marge de manoeuvre en termes de tarifs n'exploite cette dernière de manière stratégique afin d'augmenter ses profits, au détriment du bien-être de la société.[8] Ici encore, l'argument est cependant assez faible.
Dans tous les cas, et quelques soient les raisons qui aient conduit à l'adoption d'une tarification uniforme, il apparaît important de s'attacher à bien comprendre l'impact sur le bien-être d'une telle formule tarifaire. C'est en effet une étape préalable à une prise de décision éclairée quant à sa suppression ou à son maintien.

L'objectif de cette section est de caractériser la tarification uniforme optimale. Plus précisément, nous définissons l'allocation qui maximise le bien-être, *(i)* permet à l'opérateur de couvrir l'ensemble de ses coûts et *(ii)* peut être décentralisée par un prix uniforme. Les caractéristiques de cette allocation seront ensuite comparées à celles de l'allocation de second-rang définie dans la section précédente.

Le problème d'optimisation est décomposé en deux parties. On procède d'abord à la définition de la politique optimale de production et de stockage pour un niveau de prix p donné. Puis on détermine le niveau optimal de ce prix.

4.1 Politique optimale de production et de stockage à profil de consommation donné.

Du point de vue formel, le problème considéré ne diffère pas de celui introduit à la section précédente si ce n'est qu'il faut substituer un même prix

[8] Sur le comportement stratégique inter-temporel des opérateurs dans le secteur de l'énergie, on pourra se référer, entre autres, à la contribution de Crampes et Moreaux (2001).

p aux prix p_t du Lagrangien (15) d'une part, et que nous ne considérons que les variables Q_t et Z_t, $t \in \{1..T\}$ d'autre part. La résolution se fait là encore de manière récursive.

En dernière période, par définition, il n'y a pas de stockage : $Z_{T+1} = 0$. Par suite, en l'absence de problèmes de rationnement, la production s'ajuste pour que l'opérateur puisse pourvoir à l'intégralité de la demande de la période : $Q_T = X_T(p) - Z_T$. La valeur marginale du stock Z_T disponible en début de période s'écrit donc :

$$\frac{\partial L_T}{\partial Z_T} = (1 + \lambda) C'(Q_T). \tag{23}$$

Cette dernière équation met bien en évidence le rôle de la contrainte budgétaire dans le problème envisagé : la réduction des coûts de production que permettrait une augmentation du stock Z_T n'est pas seulement valorisée pour son impact positif sur le bien-être. Elle l'est également pour son impact positif sur les profits de l'opérateur, eux-mêmes "valorisés" au prix implicite λ.

La constitution du stock Z_T n'est cependant pas sans coûts. Plus précisément, une augmentation à cette fin de la production au cours de la période précédente génère un coût marginal qui s'élève à $(1 + \lambda)[C'(Q_{T-1}) + R'(Z_T)]$. Autrement dit, le coût marginal du stock Z_T est la somme du coût de production et du coût de stockage, valorisée au niveau $(1 + \lambda)$ en raison de la présence de la contrainte de budget, comme expliqué ci-dessus.

Au total, et plus généralement pour toute période $t \in \{1..T\}$, on obtient de nouveau l'équation

$$C'(Q_t) + R'(Z_{t+1}) = C'(Q_{t+1}) \tag{24}$$

pour définir la politique optimale de production et de stockage. On retrouve le fait que, dans le cadre idéal où les coûts marginaux de stockage sont nuls, *la production est uniformément répartie dans le temps* : $Q_t = Q^u$. En réalité, il s'agit là d'un résultat beaucoup plus général. Quelque soit la politique tarifaire mise en oeuvre, le producteur va organiser sa production et constituer ses stocks de façon à minimiser ses coûts. En l'absence de contraintes en termes de capacité de stockage, et dans le cas où le cas le coût marginal de stockage est nul, il y aura donc toujours "lissage" complet de la production. Il en résulte entre autres que les effets de la tarification sur le bien-être ne sont que le reflet de l'impact des prix sur le surplus (net) des consommateurs.

4.2 Calcul du prix optimal

La condition du premier ordre, qui découle de la maximisation par rapport au prix p du Lagrangien (15) adéquatement corrigé, s'écrit :

$$\begin{aligned} 0 &= \sum_{t=1}^{T}\left\{S_t'\left(X_t\left(p\right)\right)\frac{dX_t}{dp}+\lambda\left[X_t+p\frac{dX_t}{dp}\right]\right\} \\ &\quad -\left(1+\lambda\right)\sum_{t=1}^{T}\left\{C'\left(Q_t\right)\frac{dQ_t}{dp}+\frac{dZ_{t+1}}{dp}R'\left(Z_{t+1}\right)\right\}. \end{aligned} \tag{25}$$

En l'absence de problèmes de rationnement, l'utilité marginale de la consommation est égale au prix : $S_t'\left(X_t\left(p\right)\right)=p$.

Il est par ailleurs possible de définir un coût marginal de production et un coût marginal de stockage *agrégés*. Plus précisément, notons $\overline{C'\left(Q\right)}$ et $\overline{R'\left(Z\right)}$ les moyennes pondérées suivantes :

$$\overline{C'\left(Q\right)} = \sum_{t=1}^{T}\frac{dQ_t/dp}{\left(\sum_{s=1}^{T}dQ_s/dp\right)}C'\left(Q_t\right), \tag{26}$$

$$\overline{R'\left(Z\right)} = \sum_{t=1}^{T}\frac{dZ_{t+1}/dp}{\left(\sum_{s=1}^{T}dZ_{s+1}/dp\right)}R'\left(Z_{t+1}\right). \tag{27}$$

L'impact d'une variation marginale du prix sur les coûts de production et de stockage peut se réécrire sous la forme

$$\overline{C'\left(Q\right)}\frac{d\overline{Q\left(p\right)}}{dp}+\overline{R'\left(Z\right)}\frac{d\overline{Z\left(p\right)}}{dp},$$

où $\overline{Q\left(p\right)}=\sum_{t=1}^{T}Q_t$ et $\overline{Z\left(p\right)}=\sum_{t=1}^{T}Z_{t+1}$ sont respectivement la production agrégée et la quantité totale stockée au cours de l'ensemble du cycle.

Clairement, la production agrégée est égale à la consommation agrégée : $\overline{Q\left(p\right)}=\overline{X\left(p\right)}=\sum_{t=1}^{T}X_t\left(p\right)$. Par suite, l'équation (25) peut se réécrire :

$$p^u-\overline{C'\left(Q\right)}-\frac{d\overline{Z\left(p\right)}/dp}{d\overline{X\left(p\right)}/dp}\overline{R'\left(Z\right)}=\frac{\lambda}{1+\lambda}\frac{p^u}{\epsilon_{\overline{X_p}}} \tag{28}$$

où $\epsilon_{\overline{X_p}}$ est la valeur absolue de l'élasticité de la demande agrégée. En d'autres termes, le prix p doit obéir à une équation de Ramsey modifiée. Plus précisément, *la marge qui doit être appliquée prend en compte non seulement les coûts de production mais également les coûts de stockage.* Il est intéressant de noter que les coûts de stockage n'intervenaient pas dans les formules de tarification optimales considérées jusqu'ici. C'est donc bien la contrainte de tarification uniforme qui est à l'origine de ce “surcoût”.

Si, comme on peut le supposer, prix et quantités consommées sont positivement corrélés à l'optimum de second-rang défini ci-dessus, les fluctuations de la consommation vont se retrouver amplifiées dans le cadre de la tarification uniforme a peine envisagée. Par suite *la quantité stockée* dans le cadre de cette dernière *sera supérieure à la quantité stockée dans le cadre de l'optimum de second-rang.*
Observons par ailleurs que, puisque le stockage est coûteux, l'opérateur n'y fait recours qu'en cas de nécessité. La proportion de la consommation qui est stockée $\left(\overline{Z}/\overline{X}\right)$ est donc une fonction croissante du volume total consommé, et une fonction décroissante du prix p^u. Par suite, on peut montrer que le coefficient appliqué au coût marginal de stockage agrégé $\overline{R'(Z)}$ dans la formule (28) est nécessairement plus grand que le rapport $\left(\overline{Z}/\overline{X}\right)$. *Le coût marginal à considérer est donc supérieur ou égal au coût marginal apparent de fourniture d'une unité de gaz consommé* $\overline{C'(Q)} + \left(\overline{Z}/\overline{X}\right)\overline{R'(Z)}$.

Il est intéressant de bien comprendre l'origine de ce coût de stockage dans la formule (28). En fait, la tarification uniforme introduit une disjonction entre l'utilité marginale de la consommation à chaque période $S'(X_t) = p^u$ qui est constante et le coût marginal de production $C'(Q_t)$ qui lui n'a aucune raison d'être constant. C'est cette rigidité qui induit un “surcoût” : puisque l'évolution des prix ne peut refléter l'évolution des coûts, $C'(Q_{t+1}) - C'(Q_t) = R'(Z_{t+1})$ d'après (24), il y a une mauvaise allocation temporelle de la consommation.
Notons cependant que, si les coûts marginaux de stockage peuvent être considérés comme nuls à chaque période, alors le coût marginal agrégé de stockage l'est aussi. Le coût marginal de production de chaque période est constant et ne diffère pas du coût marginal de production agrégé. La production est uniformément répartie au cours du temps et la formule de tarification optimale (28) peut se ré-écrire sous une forme directement comparable à celle du second-rang (22) :

$$\frac{p^u - C'(Q^u)}{p^u} = \frac{\lambda}{1+\lambda}\frac{1}{\epsilon_{\overline{X}_p}}. \tag{29}$$

Comparer les niveaux de bien-être associés à la mise en oeuvre des deux politiques tarifaires “de second-rang” est l'objet de ce qui suit.

5 Coûts en termes de bien-être de la contrainte de tarification uniforme

Soit $\mathbf{p} = (p_1, p_2, .., p_T)$ le vecteur des prix le long du cycle de production. Notons $\mathcal{W}(\mathbf{p})$ et $\Pi(\mathbf{p})$, respectivement le niveau de bien-être social et les profits de l'opérateur, lorsque *(i)* la politique tarifaire $\mathbf{p}$ est mise en oeuvre et *(ii)* l'opérateur, tout en minimisant ses coûts, pourvoit systématiquement à la demande qui lui est adressée.

Par définition, $\mathcal{W}(\mathbf{p}^u)$ est le plus haut niveau de bien-être atteignable lorsque l'opérateur *(i)* doit s'autofinancer et *(ii)* est contraint d'adopter une tarification uniforme ; quant à $\mathcal{W}(\mathbf{p}^{**})$, il définit le niveau de bien-être qui prévaut lorsque l'allocation de second-rang est mise en oeuvre, c'est-à-dire quand l'opérateur reste libre de modifier ses tarifs au cours du temps. Par suite, le coût en termes de bien-être de la contrainte de tarification uniforme s'écrit :

$$\Delta\mathcal{W} = \mathcal{W}(\mathbf{p}^{**}) - \mathcal{W}(\mathbf{p}^u) . \tag{30}$$

Le passage de la tarification uniforme $\mathbf{p}^u$ à la tarification de second-rang $\mathbf{p}^{**}$ peut être décomposé en *(a)* une variation de la distribution des prix p_t à prix moyen $\overline{p} = (\sum_t p_t)/T$ constant et *(b)* un changement du prix moyen $\overline{p}$ pour remettre à zéro les profits de l'opérateur.

La flexibilité tarifaire accordée à l'opérateur en l'absence de contrainte de tarification uniforme peut clairement permettre à celui-ci d'augmenter ses profits, même en gardant le prix moyen inchangé. Si ce dernier opère en environnement régulé, cette augmentation sera redistribuée aux consommateurs par une baisse du prix moyen $\overline{p}$. Par suite $\overline{p}^{**} \leq \overline{p}^u = p^u$.

Le fait que la moyenne des prix soit inférieure dans le cadre de la tarification de second-rang $\mathbf{p}^{**}$ ne constitue pas en soi une justification de la supériorité de cette dernière. La non-uniformité des prix a en effet un impact négatif sur le bien-être comme la Section **2** a pu le mettre en évidence. Il est cependant évident que le niveau de bien-être atteint avec la tarification $\mathbf{p}^{**}$ est supérieur à celui atteint avec la tarification uniforme $\mathbf{p}^u$. Tout simplement parce qu'un opérateur régulé, donc orienté à maximiser le bien-être, est d'autant mieux à même de le faire qu'il n'est pas soumis à d'autres contraintes. Nous allons cependant montrer que le gain en bien-être $\Delta\mathcal{W}$ associé au relâchement de la contrainte de tarification uniforme est "du second-ordre" en terme de variation des prix.

Ce résultat provient, au moins en partie, de l'effet adverse de la variabilité des prix sur la fonction de bien-être $\mathcal{W}(\mathbf{p})$ à peine mentionné.[9] On se souviendra en effet que, si le facteur d'actualisation est β est unitaire et les coûts marginaux de stockages sont nuls, alors l'allocation qui maximise le bien-être social est obtenue par *une tarification constante au cours du temps*. Les effets bénéfiques sur les profits de l'opérateur associés au changement de tarif *(a)* (où le prix moyen reste constant) sont donc partiellement contrebalancés par la baisse du surplus des consommateurs. Mais surtout la baisse du prix moyen *(b)* que cette augmentation des profits permet n'a qu'un effet de second-ordre sur le bien-être puisque le prix moyen vérifie :

$$\sum_{t=1}^{T}\left[\frac{\partial\mathcal{W}(\mathbf{p}^u)}{\partial p_t}+\lambda^u\frac{\partial\Pi(\mathbf{p}^u)}{\partial p_t}\right]=0.$$

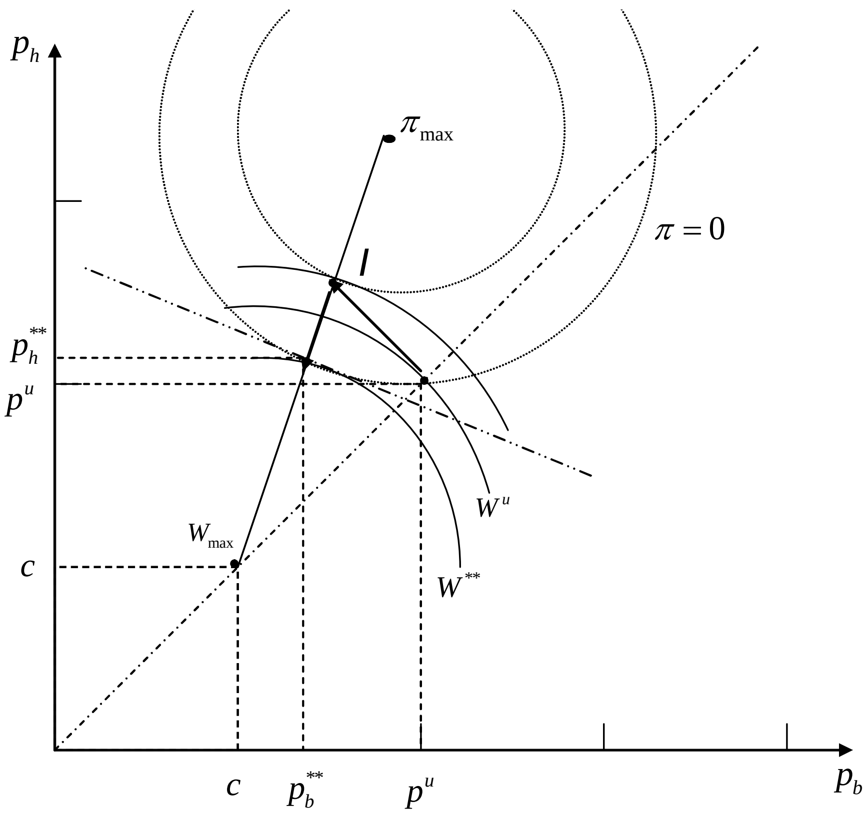


Fig. 2 – Politique tarifaire uniforme et optimale dans le cas de deux périodes

Les effets du passage de la politique de tarification $\mathbf{p}^u$ à $\mathbf{p}^{**}$ peuvent facilement être illustrés dans le cas d'une tarification semestrielle ($T = 2$ périodes).

[9] Il est important de noter que, si l'allocation optimale n'appelait pas à une tarification constante dans le temps, la flexibilité des prix pourrait avoir un impact *positif* sur la fonction de bien-être $\mathcal{W}(\mathbf{p})$. Dans ce cas, relaxer la contrainte de prix uniforme aurait un effet de premier ordre. C'est la raison pour laquelle *les conclusions présentées ici ne sont pas valables si le bien n'est pas stockable.*

C'est l'objet de la figure 2 qui propose une représentation dans l'espace des prix, l'indice h représentant la saison haute, l'indice b la basse saison. L'allocation de premier rang est représentée par le point (c, c). Elle donne lieu au plus au niveau de bien-être atteignable, mais ne permet pas à l'opérateur de subsister sans subventions. A l'intersection de la première bissectrice et de la courbe de profits nuls, l'allocation (p^u, p^u). L'allocation de second-rang (p_b^{**}, p_h^{**}) est elle au lieu de tangence de la courbe de profits nuls et des courbes d'iso-"bien-être". La faible différence entre les niveaux de bien-être $W^u = \mathcal{W}(\mathbf{p}^u)$ et $W^{**} = \mathcal{W}(\mathbf{p}^{**})$ tient au fait que *(i)* toute variation de prix le long de la tangente à ces deux courbes n'induit que des variations de second-ordre en termes de bien-être et de profits et *(ii)* par définition d'une politique de second-rang, toute variation perpendiculaire à cette même tangente induit des variations en termes de bien-être et de profits qui se compensent au premier ordre :[10]

$$\sum_{t=1}^{T} \left[\frac{\partial \mathcal{W}(\mathbf{p}^{**})}{\partial p_t} + \lambda^{**} \frac{\partial \Pi(\mathbf{p}^{**})}{\partial p_t} \right] = 0.$$

Si, comme le suggèrent ces considérations théoriques, les gains attachés au relâchement de la contrainte de tarification uniforme sont effectivement relativement faibles, une certaine réticence à évoluer vers des schémas tarifaires plus flexibles pourrait apparaître comme justifiée. Il faut cependant rappeler que, comme cela a été mis en évidence dans la section précédente, une tarification saisonnière aurait pour avantage de limiter considérablement les besoins en termes de capacité de stockage. Les bénéfices associés à cette réduction des coûts ne sont pris en compte dans la formule (30). Ils sont pourtant clairement "du premier ordre". Ce que met en évidence cette étude c'est donc que, dans la mesure où l'opérateur est régulé, *les bénéfices de la flexibilité tarifaire en termes de bien-être résultent avant tout de la réduction des coûts de production*[11] *associée à la modification du profil intertemporel de consommation.*

[10] Cet aspect, *i.e.* l'amplitude des différences entre les courbes d'iso-"bien-être" ou d'iso-profits, n'est *a priori* pas visible sur la figure.
Une décomposition alternative à *(i)-(ii)*.consiste à considérer la variation des prix comme étant la somme *(a)* d'une variation à prix moyen constant [Sur la figure, passage du point $\mathbf{p}^u$ à I.] et *(b)* par une baisse du prix moyen à distribution relative constante [Sur la figure, passage du point I au point $\mathbf{p}^{**}$]. Bien-sûr, quelque soit l'approche retenue, les gains en termes de bien-être $\Delta\mathcal{W}$ sont identiques.

[11] Plus précisément, de stockage.

6 CONCLUSION

Nous avons déterminé la tarification qui serait adoptée par un opérateur gazier orienté à la maximisation du bien-être social et en situation de monopole. L'opérateur, soumis à des obligations de service public portant sur la continuité de la fourniture du gaz, est supposé disposer de capacités de stockage suffisantes pour pourvoir à la demande. Par contre, les consommateurs, qui ne peuvent redistribuer leur consommation dans le temps, n'ont pas la possibilité de constituer des réserves. Dans ce contexte, les caractéristiques du processus de production avec et sans contrainte de tarification uniforme sont mises en évidence, afin de mieux évaluer les conséquences sur le bien-être social d'un schéma tarifaire constant.

En l'absence de toute contrainte, l'optimum social de premier rang du programme inter-temporel peut être défini "période-par-période" et il est possible de le décentraliser par une tarification au coût marginal. De plus la valeur nette du gaz stocké pour les périodes futures est exactement égale à son prix de vente pendant la période considérée. Si les coûts de stockage ne dépendent que de la capacité des infrastructures (mais pas de la quantité effectivement stockée), alors la production est uniformément répartie dans le temps. Ce résultat général, conséquence de la minimisation des coûts par l'opérateur, est valable quelque soit la tarification adoptée, tant que les capacités de stockage ne sont pas saturées. Il implique entre autres que, sous ces mêmes hypothèses, la tarification optimale de premier rang est uniforme.
Dans un cadre de second-rang où l'on impose à l'opérateur de s'autofinancer, la tarification optimale (au sens du bien-être social) n'est pas en général, constante dans le temps. Si la technologie de stockage ne permet pas ou rend trop coûteux un étalement uniforme de la production au cours de l'année, alors les variations de coûts se retrouvent amplifiées au niveau des prix. Un aspect bénéfique de cette augmentation des prix et de leur volatilité est la forte réduction des fluctuations de la demande et donc des coûts de stockage qui en résulte. S'il y a au contraire parfait étalement de la production, alors le coût marginal de production est constant. Cependant la marge réalisée à chaque période, est inversement proportionnelle à l'élasticité de la demande, selon la règle de Ramsey-Boîteux. Même dans ce cas, la tarification optimale

varie dans le temps. Ces fluctuations du prix optimal ne s'expliquent que par la nécessité pour l'opérateur de faire suffisamment de recettes pour couvrir ses coûts. En effet, en l'absence de considérations financières, la tarification est constante dans le temps. Ces fluctuations tarifaires constituent simplement la façon la moins dommageable pour le bien-être de rendre le secteur autosuffisant.
Si, en plus d'exiger l'autofinancement, on restreint l'opérateur à une tarification constante au cours du temps, les fluctuations de la demande en sont magnifiées, ce qui appelle de plus grandes capacités de stockage. Tant que celles-ci ne sont pas saturées, on cependant montrer que le processus stockage et de production reste efficace. La politique de stockage obéit aux mêmes *règles* qu'au premier rang et la production s'ajuste au niveau juste nécessaire pour pourvoir à la demande. Les distorsions induites par la contrainte de prix uniforme ne sont donc véhiculées que par ses effets sur la consommation. La disjonction entre les prix (constants) et les coûts effectifs de pourvoir à la demande à chaque période (en général variables) est à l'origine d'une allocation inefficace de cette dernière. Cette distorsion se traduit par une formule de tarification à la Ramsey-Boîteux basée sur un coût marginal plus élevé que le coût marginal réel de production, sauf dans le cas où le coût marginal du stockage est nul.

Il est évident que le niveau de bien-être associé à ce dernier régime est inférieur à celui qui pourrait être atteint à l'optimum de second-rang. Tout simplement parce qu'un opérateur régulé, donc orienté à maximiser le bien-être, est d'autant mieux à même de le faire qu'il n'est pas soumis à d'autres contraintes. Nous montrons que le relâchement de la contrainte de tarification uniforme permettrait, entre autres, d'abaisser le prix moyen. Cependant, par rapport aux fluctuations de prix induites, les gains en termes de bien-être apparaissent comme étant du "second-ordre"
Une telle constatation jette une lumière nouvelle sur la question de la modulation saisonnière des tarifs. Elle ne justifie pas en soi, l'adoption d'un schéma tarifaire rigide. En effet, l'impact du profil intertemporel des prix sur la capacité de stockage requise pour pourvoir à la demande apparaît comme étant du "premier ordre". Bien que non modélisés explicitement ici, les coûts en termes d'infrastructures de stockage sont donc directement augmentés par l'imposition d'une contrainte de tarification uniforme dans le temps. En définitive, ce que met en évidence cette étude c'est que, dans la mesure où l'opérateur est

régulé, *les bénéfices de la flexibilité tarifaire en termes de bien-être résultent avant tout de la réduction des coûts de production*[12] *associée à la modification du profil intertemporel de consommation.*

Le présent modèle n'est pas bien-sûr sans présenter de nombreuses limites. Tout d'abord, il se place dans un contexte de monopole alors que, même en France, un certains nombre de clients ont d'ors-et-déjà la possibilité de s'adresser à d'autres fournisseurs. L'étude du monopole nous a cependant semblé une première étape importante sur le chemin d'une modélisation plus complète du secteur. Par ailleurs, l'ouverture des marchés ne concerne à ce jour que les clients industriels. La fourniture en gaz des ménages reste partout en France, l'apanage d'un unique opérateur.
Ensuite, nous avons supposé *a priori* que l'opérateur disposait d'une capacité de stockage suffisante pour pourvoir à l'ensemble de la demande. Ici encore, la réalité est bien-sûr plus complexe. En particulier, l'opérateur est lié à certains clients par des contrats dit "interruptibles". Cependant, ce sont justement ces derniers qui lui permettent de satisfaire à l'obligation de fourniture envers les ménages quand les stocks ne se révèlent pas suffisants.[13]
Enfin, le coût de la continuité de fourniture ne fait pas partie explicitement de la modélisation. Il s'agit là d'un point qu'il serait important approfondir. Cependant, aux fins d'une analyse portant spécifiquement sur l'impact d'une contrainte de tarification uniforme sur le bien-être, il nous a semblé préférable nous cantonner pour l'instant à ce modèle plus simple. Nous réservons l'étude de ces aspects ainsi que la production de résultats empiriques à notre future recherche.

[12] Plus précisément, de stockage.

[13] Comme cela a été le cas à la fin de l'hiver 2005 en France (Cf. Direction Générale des Matières Premières et de l'Energie / Observatoire de l'Energie, "Gaz naturel en France : les principaux résultats en 2005 ", avril 2006)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE. [1994], "Natural Gas Transportation, Organisation and Regulation", *O.C.D.E.*

AIGNER D. ed. [1984], "The Welfare Econometrics of Peak-Load Pricing for Electricity", numéro spécial du *Journal of Econometrics* **26**, p.1-252.

BROWN G. et JOHNSON B. [1969], "Public Utility Pricing and Output Under Risk", *American Economic Review* **59**, p. 119-128.

CARLTON D. [1977], "Peak Load Pricing with Stochastic Demand", *American Economic Review* **67**, p. 1006-1010.

CHAO H. [1983], "Peak Load Pricing and Capacity Planning with Demand and Supply Uncertainty", *The Bell Journal of Economics* **14**, p. 179-190.

CHATON C,. CRETI A. et VILLENEUVE B. [2007], "The Economics of Seasonal Gas Storage", *mimeo.*

COATE S. et PANZAR J. [1989], "Public Utility Pricing and Capacity Choice Under Risk : A Rational Expectations Approach", *Journal of Regulatory Economics* **1**, p. 305-317.

CRAMPES C. et MOREAUX M. [2001], "Water Resource and Power Generation", *International Journal of Industrial Organization* **19**, p. 975-997.

DEATON A. et LAROQUE G. [1996], "Competitive Storage and Commodity Price Dynamics", *Journal of Political Economy* **104**, p. 897-923.

HAUSMAN J. et NEUFELD J. [1984], "Time-of-Day Pricing in the U.S. Electric Power Industry at the Turn of the Century", *RAND Journal of Economics* **15**, p. 116-126.

MINISTERE DE L'ECONOMIE ET DES FINANCES. [1999], *Vers la future organisation gazière française.* Livre Blanc.

WILSON R. [1989], "Efficient and Competitive Rationing", *Econometrica*, **57**, p. 1–40.