

La méthode
des prix hédonistes :
principes et application à
l'évaluation des biens
environnementaux

Philippe LE GOFFE

The hedonic price method: principles and application to environmental goods valuation

Summary – Hedonic pricing analyses prices of differentiated goods with respects to their various attributes. Environmental applications of this method make the assumptions that the value of the environment is included within the price of housing or wages. A relationship between housing prices or wages in one hand, and their physical plus environmental attributes in the other hand, is considered with the aim of eliciting the demand function for public good and the welfare changes induced by environmental policies.

A theoretical model of implicit market was presented by Rosen (1974). The attributes of the goods are both introduced within the utility and bid function of the consumer, and within the cost and offer price of the producer. The hedonic price function is the geometric place of equilibrium between supply and demand for the various goods with different sets of attributes. In equilibrium, implicit price of an attribute derived from this function equals the marginal willingness to pay for the attribute considered. However, the market equilibrium assumption can be broken down due to lack of information, transaction and moving costs, or discontinuity in hedonic price function.

The initial single market approach for identifying the demand for environmental attributes consisted in estimating simultaneously the marginal bid and marginal offer price, in taking the implicit marginal price as endogenous. However a difficulty of the approach is coming from the simultaneous determination by the consumer of the attribute level and its marginal implicit price. In fact the two parameters are endogenous to the model. One solution would consist in working on data coming from separated markets.

In case of environmental change, the individual welfare variation may affect the owner, the tenant or both of them, according to the length of the feedback, the expansion of the environmental policy and the moving possibilities of the households. In all cases this variation is limited upward by the hedonic price function change and downward by the compensating variation between the two environmental levels.

The estimation of the hedonic price function is constrained by many practical problems as definition of pertinent environmental criteria, consumer perception or expectation of environmental change, market segmentation. In addition, econometric problems should be emphasized: model specification and functional form, multicollinearity.

Finally, hedonic pricing is limited by methodological constraints, but also by the nature of values to be measured (use value only) and the field of application (mainly urban). However, when applied to assets such as noise or air quality in town areas the methodology may bring satisfying results.

Key-words:

hedonic price, implicit market, environment, willingness to pay, demand, welfare, benefit, damage

La méthode des prix hédoniste: principes et application à l'évaluation des biens environnementaux

Résumé – La méthode des prix hédonistes analyse la formation des prix des biens différenciés définis par leurs caractéristiques. Les applications environnementales de cette méthode font l'hypothèse que la valeur de l'environnement est intégrée dans le prix des biens immobiliers ou dans les salaires. On cherche ainsi à mettre en évidence une relation entre le prix des biens (ou la valeur des salaires) et leurs attributs intrinsèques et environnementaux, cette relation est appelée fonction de prix (ou de salaire) hédoniste. Dans un marché en équilibre, le prix implicite de l'environnement (prix hédoniste) dérivé de cette fonction représente la disposition à payer marginale pour la caractéristique environnementale considérée. On peut alors en principe remonter à la fonction de demande de bien public et aux variations de bien-être induites par les politiques environnementales. En privilégiant le cas du marché immobilier, cet article présente les principes de la méthode (modèle théorique et conditions d'équilibre, identification de la demande, mesure des bénéfices et dommages environnementaux) et les difficultés rencontrées lors de l'application (respect des hypothèses, estimation des fonctions de prix hédoniste et de demande, etc.).

Mots-clés:

prix hédoniste, marché implicite, immobilier, environnement, consentement à payer, demande, surplus, bénéfice, dommage

* ENSAR, *Economie, gestion et sciences sociales*, 65, rue de St Brieuc, 35042 Rennes cedex.

La méthode des prix hédonistes (MPH) monétarise les biens environnementaux non-marchands (qualité de l'air, bruit, etc.), en analysant sur des marchés réels les différentiels de prix dus aux variations spatiales ou temporelles des caractéristiques environnementales correspondantes. Dans les applications empiriques, l'environnement est valorisé sur le marché immobilier et moins fréquemment sur le marché du travail. Les auteurs font l'hypothèse que l'augmentation du prix des habitations avec la qualité de l'environnement traduit, toutes choses égales par ailleurs, le consentement à payer (CAP) pour bénéficier de l'amélioration environnementale. Parallèlement, les suppléments de salaire observés dans les zones défavorisées d'un point de vue environnemental, ou quand les conditions de travail sont difficiles (risque...), refléteraient le consentement à recevoir des salariés pour compenser les pertes de bien-être.

Le champ de la MPH s'étend à la formation des prix des biens différenciés en général et elle a été initialement appliquée à la valorisation de la qualité des biens de consommation (automobile notamment). Un bien différencié est défini par l'ensemble de ses caractéristiques constitutives. Dans le cas des biens immobiliers et du travail, certaines de ces caractéristiques sont de nature environnementale : la jouissance d'un logement ou l'exercice d'un travail implique la consommation de biens environnementaux. Dans la première application environnementale de la MPH, Ridker (1967) a mis en relation la valeur foncière des propriétés urbaines et la qualité de l'air. En élargissant la théorie classique de la rente, Ridker explique comment les attributs environnementaux d'une propriété participent au flux de coûts et de bénéfices, dont la somme actualisée fournit la valeur du terrain correspondant sur un marché parfait.

Si on travaille sur le marché immobilier, on cherchera à mettre en évidence une relation entre le prix des biens fonciers et leurs attributs d'habitabilité (nombre de pièces, surface, etc.), de localisation et de qualité de l'environnement. Dans le cas du marché du travail, on reliera le salaire aux attributs intrinsèques (qualification, expérience, etc.), environnementaux (spécifiques à la région) ou de conditions de travail, associés à l'emploi considéré. A partir de cette fonction de prix (ou de salaire) hédoniste, l'objectif de la méthode est alors de remonter à la structure des préférences pour l'environnement (fonction de demande), et aux variations de bien-être induites par les politiques environnementales.

Les questions théoriques et pratiques soulevées par les applications environnementales de la MPH ont été rassemblées dans plusieurs synthèses (Freeman, 1979; Follain et Jimenez, 1985; Johansson, 1987; Bartik et Smith, 1987; Palmquist, 1991; Freeman, 1993; Desaignes et Point, 1993; Bateman, 1993). Le présent article ⁽¹⁾ reprend donc un découpage

⁽¹⁾ L'auteur remercie les deux lecteurs anonymes qui lui ont permis d'améliorer cet article.

classique en privilégiant le cas du marché immobilier. La première partie sera consacrée à la théorie des prix hédonistes, initialement développée par Rosen (1974). On analysera ensuite les problèmes posés par l'identification de la fonction de demande d'attribut environnemental. La troisième partie montrera comment il faut mesurer rigoureusement les bénéfices des politiques environnementales. Enfin on passera en revue les difficultés rencontrées lors de l'estimation de la fonction de prix hédoniste.

THÉORIE DES PRIX HÉDONISTES ET ÉQUILIBRE DE MARCHÉ

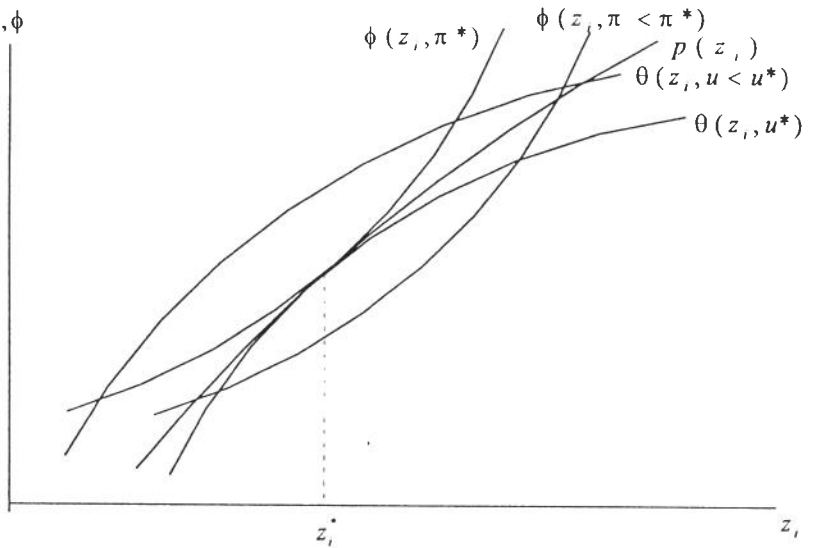
La plupart des études hédonistes appliquées à l'environnement au cours des vingt dernières années ont pour cadre commun les travaux de Rosen (1974) sur la modélisation théorique des marchés implicites. Cet article fondateur analyse le déterminisme de la consommation, de la production et de la formation des prix des biens différenciés. En mettant l'accent sur l'équilibre de marché, Rosen a complété et unifié les travaux précurseurs qui privilégiaient le comportement du consommateur (Lancaster, 1966). Dans ce modèle de concurrence parfaite qui peut s'appliquer en particulier à l'immobilier, les individus n'ont pas d'influence sur les prix. Les caractéristiques constitutives du bien différencié interviennent à la fois dans la fonction d'utilité du consommateur et dans la fonction de coût du producteur. La fonction de prix hédoniste représente le lieu géométrique d'équilibre entre l'offre et la demande des différents biens, quelle que soit la combinaison de caractéristiques.

Rosen considère un bien différencié décrit par le vecteur de ses caractéristiques $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$. Par la suite il s'intéresse à une caractéristique particulière z_i , qui pourrait être de nature environnementale. Par hypothèse, le consommateur achète une seule unité de bien. Il choisit une combinaison d'attributs au sein d'un ensemble suffisamment vaste pour être considéré comme continu ; les modèles de choix discret constituent une alternative à l'approche classique quand cette hypothèse ne tient pas. La fonction de prix hédoniste fixée sur le marché $p(z) = p(z_1, z_2, \dots, z_n)$ est croissante en ses arguments et pas nécessairement linéaire. Le consommateur a une fonction d'utilité $U(x, z_1, z_2, \dots, z_n)$ où x (de prix 1) regroupe tous les autres biens consommés.

Rosen définit une fonction d'enchère $\theta(z_1, \dots, z_n, u, y)$, telle que $U(y - \theta, z_1, \dots, z_n) = u$; Cette fonction est croissante et concave en (z_1, \dots, z_n) décroissante en u et correspond au CAP total pour le bien z . En fixant toutes les caractéristiques à l'optimum, sauf z_i , la fonction d'enchère est représentée par une famille de courbes d'indifférences dans le plan $z_i - p(z_i)$ (figure 1). L'enchère marginale ou CAP marginal pour l'accroissement d'une caractéristique z_i (fonction de demande inverse compensée), θ_i est égale au taux marginal de substitution $\frac{\partial U / \partial z_i}{\partial U / \partial x}$.

Le programme de maximisation de l'utilité de consommateur sous contrainte de revenu $y = x + p(z)$ conduit à une solution optimale qui vérifie: $\theta_i = \partial p / \partial z_i$. A l'équilibre l'enchère marginale du consommateur pour z_i est égale au prix implicite marginal de z_i sur le marché et $\theta(z^*, u^*, y) = p(z^*)$, ce qui s'illustre graphiquement par la tangence des 2 surfaces (figure 1).

Figure 1.
Fonction d'enchère, p, θ, ϕ
fonction d'offre et
situation d'équilibre
(d'après Bartik et
Smith, 1987)

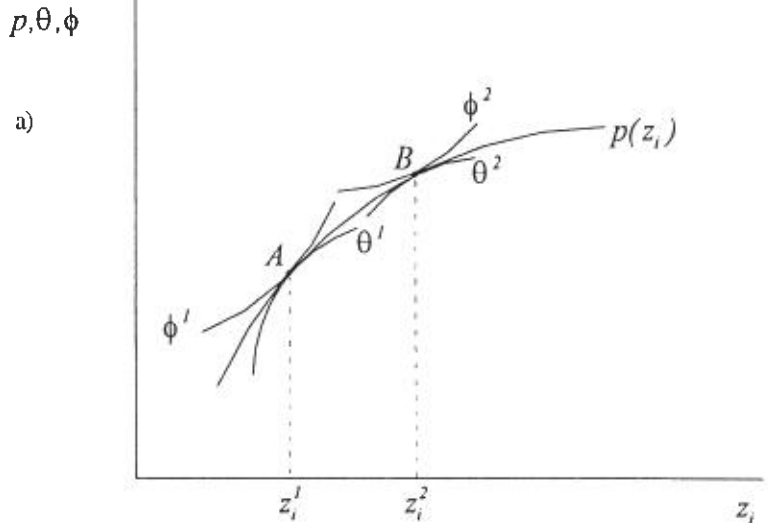
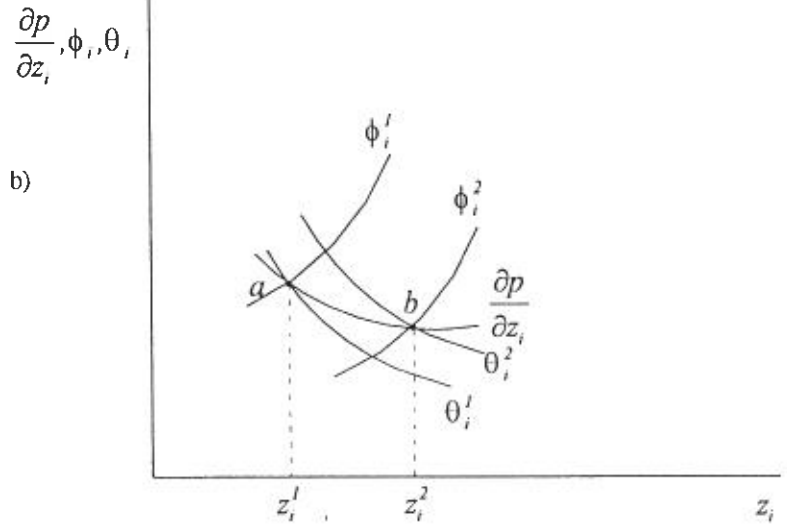


Le traitement de l'offre est symétrique de celui de la demande. On considère une firme fabriquant une quantité $M(z)$ de bien z , avec une fonction de coût $C(M, z, \beta)$ croissante et convexe en M et z_i , où β synthétise les données sur la technologie et le prix des facteurs de production. Rosen définit une fonction d'offre $\phi(z_1, \dots, z_n, \pi, \beta)$ comme le prix de z minimum pour atteindre un profit π , telle que $\pi = M\phi - C(M, z_1, \dots, z_n, \beta)$. Elle est représentée par une famille de courbes d'isoprofit dans le plan $z_i, p(z_i)$ (figure 1), le niveau des autres caractéristiques étant fixé. Le prix de réservation marginal pour z_i , ϕ_i , est égal au coût marginal unitaire d'accroissement de z_i , C_i/M . La stratégie optimale de production dérive de la maximisation du profit $\pi = Mp(z) - C(M, z, \beta)$ en z_i et $M: \phi_i = C_i/M = \partial p / \partial z_i$ et $\phi(z^*, \pi, \beta) = C_M(M^*, z^*, \beta) = p(z^*)$. A l'équilibre le prix de réservation marginal du producteur atteint le prix implicite de z_i , et on observe la tangence entre la courbe d'isoprofit et la fonction de prix hédoniste (figure 1).

Si les différentes fonctions sont bien continues (prix, enchère et offre), pour chaque z_i et pour chaque niveau de z_i un prix implicite d'équilibre va s'établir à l'intersection entre l'enchère marginale d'un demandeur et le prix d'offre marginal d'un offreur, tel que $\theta_i = \phi_i = \partial p / \partial z_i$ (figure 2a).

Parallèlement, si on considère les valeurs totales du consentement à payer et du prix de réservation, on voit que les demandeurs ont intérêt à proposer l'enchère la plus basse pour maximiser leur utilité et les offreurs à faire entériner le prix d'offre le plus élevé pour maximiser leur profit; en conséquence la fonction de prix hédoniste d'équilibre $p(z)$ s'établit à la tangence avec les fonctions d'enchère et d'offre des agents, dont elle constitue une double enveloppe (figure 2b).

Figure 2.
Etablissement de la
fonction de prix
hédoniste et du prix
marginal implicite
sur le marché
(d'après Follain et
Jimenez, 1985)



La résolution analytique du modèle de Rosen doit en principe faciliter le choix de la spécification et de la forme fonctionnelle de la fonction de prix hédoniste à estimer. De plus une telle résolution permettrait de remonter analytiquement aux paramètres de l'offre et surtout de la demande. Cependant, après Rosen, rares sont les travaux qui ont abouti à des résultats concluants (voir Epple, 1987). Palmquist (1991) précise comment le modèle peut s'adapter à des biens dont les caractéristiques ne sont pas produites par le vendeur, situation fréquente dans l'immobilier. Dans ce cas les caractéristiques sont exogènes au vendeur et le prix d'offre dépend seulement du profit; le prix d'équilibre est alors complètement déterminé par la demande.

En pratique, si on fait l'hypothèse d'un marché en équilibre dans lequel les consommateurs maximisent leur utilité, le prix implicite marginal observé à un niveau donné d'une caractéristique, obtenu par dérivation de la fonction de prix hédoniste, fournit le CAP marginal du consommateur choisissant ce niveau de caractéristique (figure 2a). La seconde étape consiste alors à identifier la fonction de demande de la caractéristique considérée (voir *supra*). Cette hypothèse d'équilibre du marché, qui implique que les consommateurs réexaminent en permanence leur choix et que tous les biens différenciés trouvent preneur, a été discutée par Freeman (1979 et 1993) à propos du marché immobilier.

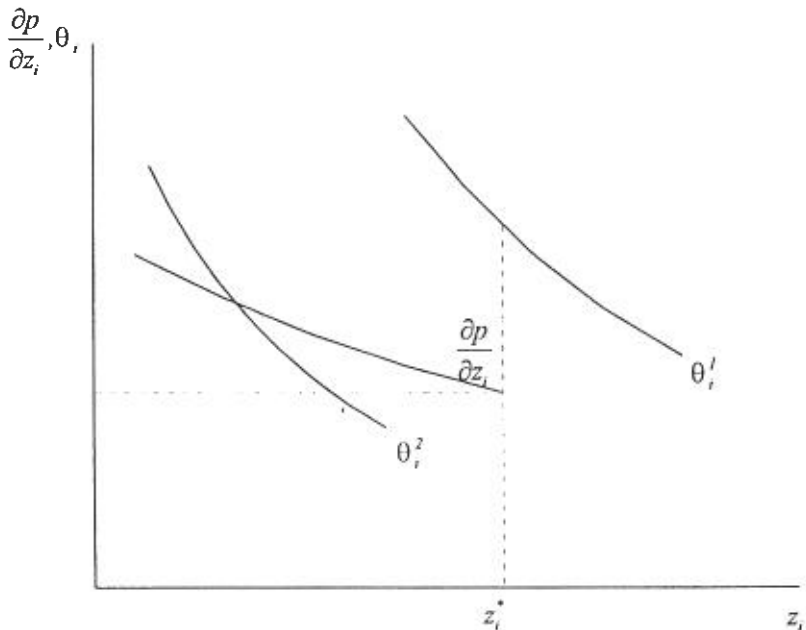
Une première limite tient à l'information des agents. Les consommateurs disposent rarement d'une information parfaite sur les attributs des habitations et leurs prix implicites. Par ailleurs, les agents répondent à un prix de vente affiché ou à une enchère d'achat avec une mutuelle ignorance des consentements à payer et des consentements à recevoir des autres acheteurs et vendeurs potentiels.

L'écart avec l'équilibre parfait réside aussi dans les coûts de transaction et de déménagement imposés aux ménages qui souhaitent ajuster leur choix à l'évolution du marché ou à celle de leur situation personnelle (revenu...). Par exemple, une modification du prix implicite marginal d'un attribut n'entraîne une relocalisation du consommateur que si le gain d'utilité espéré excède la somme des coûts de transaction et de déménagement. Le prix implicite marginal mésestime alors le consentement à payer marginal par excès ou par défaut, suivant que l'on observe une augmentation ou une baisse continue du prix. Dans une telle situation la mesure des coûts de mobilité devrait permettre d'estimer l'erreur commise en assimilant les prix implicites aux consentements à payer marginaux. Bien qu'il n'existe pas d'études empiriques évaluant l'importance de ce biais, Freeman déconseille l'utilisation de la méthode des prix hédonistes dans les situations où les forces du marché évoluent rapidement.

Une dernière critique du modèle idéal est liée à l'hypothèse de différentiabilité et de continuité de la fonction de prix hédoniste. Dans le cas où la gamme d'habitations n'est pas suffisamment étendue, les ménages

n'obtiennent pas nécessairement l'habitation et donc le niveau d'attribut qui maximise leur utilité, d'où un écart entre le prix implicite marginal et le CAP marginal au niveau d'attribut choisi faute de mieux. Cette situation est illustrée à la figure 3 : les niveaux de l'attribut z_i supérieurs à z_i^* n'existant pas sur le marché, les ménages à hauts revenus (enchère marginale θ_i^1) choisissent le niveau z_i^* mais ne maximisent pas leur utilité, alors que cela était possible pour les ménages à faibles revenus (enchère marginale θ_i^2).

Figure 3.
Conséquence d'une
discontinuité dans la
gamme d'habitations
(d'après Freeman,
1993)



LA FONCTION DE DEMANDE D'ATTRIBUT ENVIRONNEMENTAL

L'intérêt majeur de la méthode des prix hédonistes réside dans la possibilité théorique de reconstituer à partir de la fonction de prix hédoniste la structure des coûts et des préférences, en particulier la fonction de demande d'attribut environnemental, en faisant l'hypothèse que les consommateurs sont en équilibre. Rosen (1974) a été le premier à proposer une méthode d'estimation simultanée de l'enchère marginale et du prix d'offre marginal pour une caractéristique de bien différencié. Le modèle à estimer est le suivant (sans les termes d'erreur):

$$\frac{\partial p}{\partial z_i}(z) = F_i(z_1, \dots, z_n, y_1) \quad \text{enchère marginale}$$

$$\frac{\partial p}{\partial z_i}(z) = G_i(z_1, \dots, z_n, y_2) \quad \text{prix d'offre marginal}$$

La procédure d'estimation comporte 2 étapes. Il faut d'abord estimer la fonction de prix hédoniste $p(z)$ et calculer les prix implicites marginaux $\partial p/\partial z_i = \hat{p}_i(z)$ au niveau de caractéristique défini par la transaction. $\hat{p}_i(z)$ est alors utilisé comme variable endogène dans le modèle à équations simultanées et joue le même rôle que les prix observés sur un marché en théorie économique standard. y_1 et y_2 représentent respectivement les facteurs de variation observables de la demande (revenu, âge, niveau d'études, etc.) et de l'offre (prix des facteurs, technologie, etc.). Palmquist (1991) souligne le caractère incorrect du remplacement de la fonction de demande inverse compensée (θ_i), initialement introduite, par une fonction de demande inverse normale où l'utilité a disparu pour les besoins de l'estimation.

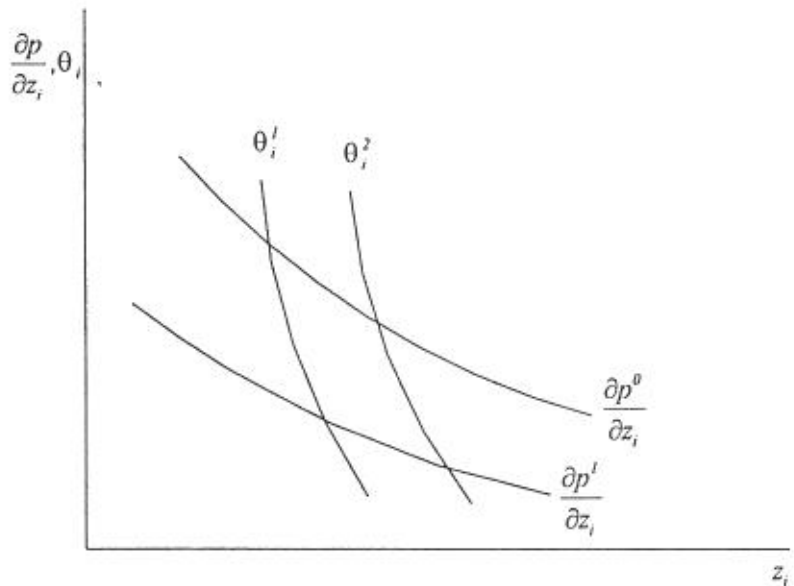
Freeman (1979) développe la suggestion de Rosen et distingue plusieurs cas d'identification de la fonction de demande. Premièrement l'identification de la demande est impossible lorsque la fonction de prix hédoniste est linéaire (constance du prix marginal implicite des caractéristiques). Un deuxième cas particulier se produit quand tous les ménages ont même revenu et même fonction d'utilité: chaque point de la fonction de prix implicite marginal $\partial p/\partial z_i$ est alors un point de l'unique fonction de demande inverse et les deux fonctions sont confondues. Dans les autres cas, il faut considérer l'offre de bien différencié. Si l'offre est parfaitement élastique, $\partial p/\partial z_i$ peut être considéré comme exogène et il convient de régresser les niveaux de caractéristiques choisis sur le prix implicite marginal et les paramètres de la demande: $z_i = f_i(\partial p/\partial z_i, z, y_1)$. Si la quantité de chaque bien différencié est fixée (offre rigide), les ménages enchérissent pour obtenir le bien désiré et Freeman recommande alors de régresser le prix implicite marginal sur le niveau de caractéristique: $\partial p/\partial z_i = g_i(z, y_1)$. Freeman avance que cette situation est probablement celle de certaines aménités environnementales du marché immobilier: l'ajustement de l'offre au prix est lent car il nécessite le changement des usages du sol et l'addition éventuelle de capital; l'offre devient alors exogène à court terme. Enfin, si les quantités offertes et demandées sont fonction des prix, il faut résoudre un système d'équations simultanées.

L'approche de Rosen-Freeman de l'identification de la demande d'aménité environnementale a inspiré de nombreuses études empiriques. Parmi celles qui font l'hypothèse de l'exogénéité de l'offre, on peut citer deux études déjà anciennes portant sur la qualité de l'air (Harrison et Rubinfeld, 1978; Brookshire *et al.*, 1981), mais également des études plus récentes sur l'évaluation des aménités de la forêt (Garrod *et al.*, 1993) ou des dommages liés au bruit (Soguel, 1994). Rares sont les auteurs qui ont estimé simultanément l'offre et la demande (Nelson, 1978). Dans l'étude de Nelson (1978), le prix d'offre de la qualité de l'air est expliqué par la densité de population ou le temps d'accès aux lieux de travail.

Cette approche initiale de l'identification de la demande reposant sur un seul marché a été remise en cause depuis pour différentes raisons.

Brown et Rosen (1982) ont souligné qu'en l'absence d'informations supplémentaires, la deuxième étape proposée par Rosen ne pouvait que régénérer la fonction de prix implicite marginal issue de la fonction de prix hédoniste. Une solution retenue pour mener à bien l'identification consiste alors à choisir des spécifications et des formes fonctionnelles différentes pour l'enchère marginale et le prix implicite marginal, cependant la validité des résultats dépend de la pertinence des hypothèses faites (Palmquist, 1991). Un autre problème économétrique vient de la non-linéarité de la fonction de prix hédoniste (voir figure 2); la quantité de caractéristiques et son prix implicite marginal sont déterminés simultanément et de manière endogène par le consommateur, rendant ainsi impossible l'utilisation des moindres carrés ordinaires pour estimer la fonction de demande. La difficulté consiste à obtenir des variables instrumentales vraiment exogènes: Bartik (1987) propose d'utiliser la localisation du marché dans l'espace (ville) ou le temps, à condition d'observer des variations de la fonction de prix hédoniste entre villes et périodes. D'autres auteurs ont récemment recommandé le recours à plusieurs marchés, et donc plusieurs fonctions de prix hédoniste, pour identifier la fonction de demande. Cet intérêt des marchés multiples est illustré à la figure 4: si les différences entre marchés sont suffisantes, on dispose alors de la nécessaire indépendance entre les niveaux de caractéristiques choisis et leurs prix implicites marginaux.

Figure 4.
Identification de la
demande sur
plusieurs marchés



Freeman (1993) distingue trois étapes dans la mise en œuvre de cette démarche : estimation de fonctions de prix hédoniste séparées par marché ou sous marché, calcul des prix implicites marginaux aux niveaux de caractéristiques choisis sur chaque marché, régression des prix implicites sur les niveaux de caractéristiques et les facteurs de variation exogènes de

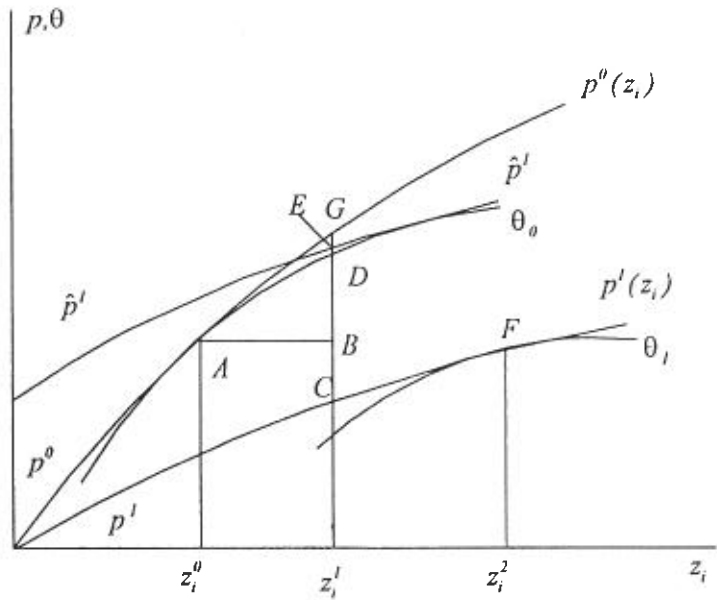
la demande. Cette approche prometteuse a fait l'objet de rares études empiriques (voir à titre d'exemple Palmquist, 1984).

MESURE DES BÉNÉFICES DES POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES

Selon que l'amélioration environnementale envisagée est marginale ou pas, la mesure des bénéfices sera plus ou moins complexe. Sachant qu'à l'équilibre le prix implicite marginal d'une caractéristique environnementale fournit le CAP marginal du consommateur pour cette caractéristique, on obtient aisément le bénéfice d'une amélioration marginale de l'environnement en sommant les prix implicites marginaux d'équilibre payés par les individus concernés par la politique. La fonction de prix implicite marginal suffit pour mener à bien l'évaluation du bénéfice marginal, qui peut alors être comparé au coût de l'amélioration marginale de l'environnement. Cependant, le cas général des politiques environnementales est celui d'une amélioration non marginale d'une caractéristique de l'environnement. Il faut alors distinguer plusieurs situations selon que l'on analyse la variation de bien-être à court ou à long terme, selon que l'on assiste ou non à un relogement des ménages (réexamen du choix du logement pour maximiser l'utilité), selon que la politique conduit ou non à une modification de la fonction de prix hédoniste d'équilibre. L'analyse qui suit est basée sur les synthèses de Bartik et Smith (1987), Palmquist (1991) et Freeman (1993).

La figure 5, reprise de Palmquist (1991), permet d'illustrer la plupart des situations à partir du concept de fonction d'enchère, pour un consommateur locataire. $p^0(z)$ représente la fonction de prix hédoniste initiale qui varie ici en fonction d'une caractéristique environnementale z_j (par exemple, la qualité de l'air). Le consommateur maximise son utilité et choisit un niveau z_j^0 , tel que sa fonction d'enchère θ_0 (associée à l'utilité u_0) soit tangente à $p^0(z)$ au point A. Une politique exogène de réduction de la pollution de l'air fait passer la qualité de l'air autour de l'habitation de z_j^0 à z_j^1 . A court terme, et quelle que soit l'ampleur de la politique, les offreurs et les demandeurs n'ont pas le temps de s'ajuster à la nouvelle situation et les ménages ne changent pas d'habitation, en conséquence le prix des habitations et la fonction de prix hédoniste ne sont pas modifiés. La valeur du bénéfice environnemental du consommateur est donnée par l'augmentation de son CAP entre z_j^0 et z_j^1 , soit $\theta_0(z_j^1) - \theta_0(z_j^0) = BD$, ce qui correspond encore à l'intégrale de la fonction de demande compensée pour z_j (à U_0) entre z_j^0 et z_j^1 .

Figure 5.
Variations du bien-être avec ou sans modification de la fonction de prix hédoniste (d'après Palmquist, 1991)



Si on s'intéresse maintenant au long terme, un cas particulier est celui où la politique environnementale affecte un nombre d'habitations qui est faible relativement à la taille du marché (maîtrise de la pollution d'une usine par exemple). On peut alors considérer que l'offre et la fonction de prix hédoniste d'équilibre $p^0(z)$ ne sont pas modifiées. En revanche, le prix des habitations s'établit après ajustement des ménages au niveau justifié par la caractéristique améliorée, selon $p^0(z)$. Si les consommateurs peuvent changer d'habitation sans coûts de mobilité, ils vont rechercher une habitation identique à celle qu'ils occupaient avant l'amélioration environnementale, de façon à conserver une utilité maximale u_0 . La seule variation de bien-être concerne alors le propriétaire qui perçoit une augmentation de rente mesurée par la fonction de prix hédoniste : $p^0(z_i^1) - p^0(z_i^0) = BG$. Le raisonnement s'applique également au propriétaire qui occupe sa maison, l'augmentation de rente étant ici capitalisée. Dans la réalité les coûts de mobilité existent bien, et il conviendrait de les soustraire des augmentations de rente perçues par les propriétaires, de façon à obtenir la variation de bien-être nette. On peut également envisager que le niveau élevé des coûts de mobilité contraigne les ménages à ne pas déménager malgré l'augmentation du loyer. Dans ce cas, le consommateur est pénalisé par l'amélioration environnementale (perte DG). Cependant en terme de bien-être, le gain de rente du propriétaire est compensé par la perte du locataire (augmentation du loyer) et le bilan net s'établit à l'augmentation du CAP du consommateur entre z_i^0 et z_i^1 (BD).

Dans le cas général, l'amélioration environnementale concerne un grand nombre d'habitations (exemple : réduction de la pollution de l'air

par mise en service de voitures électriques), ce qui doit logiquement se traduire par une diminution du prix de la qualité de l'environnement de $p^0(z)$ à $p^1(z)$ (modification de la fonction de prix hédoniste). S'il peut se déplacer, le consommateur choisira alors une habitation avec un niveau de caractéristique environnementale z_i^2 , et atteindra un niveau d'utilité $u_1 > u_0$, tel que sa fonction d'enchère $\hat{\theta}_1$ soit tangente à $p_1(z)$ en F . Pour tenter d'approcher la variation exacte de bien-être, Freeman (1993) décompose artificiellement le processus d'ajustement en trois étapes. Dans une première étape ($A \rightarrow B$), on considère que l'amélioration environnementale de z_i^0 à z_i^1 se produit sans ajustement des offreurs et des demandeurs. On retrouve ici la variation de bien-être à court terme BD . Au cours de la deuxième étape ($B \rightarrow C$), la fonction de prix hédoniste s'est abaissée de $p^0(z)$ à $p^1(z)$, mais le consommateur n'a pas changé d'habitation. En conséquence il n'y a pas ici de variation supplémentaire de bien-être, la perte de rente du propriétaire est compensée par un gain identique du locataire (baisse de loyer BC). L'ajustement a lieu dans la troisième étape ($C \rightarrow F$), la maximisation de l'utilité entraîne nécessairement une augmentation du bien-être et le surplus compensateur BD apparaît alors comme une borne inférieure de la variation exacte de bien-être. En suivant Palmquist (1991), on trace une parallèle à $p^1(z)$, tangente à θ_0 , $\hat{p}^1(z)$, et on obtient le bénéfice environnemental en retranchant la perte de rente BC au surplus compensateur CE , soit BE , effectivement supérieur à BD .

Selon Bartik et Smith (1987), le bénéfice environnemental est par ailleurs borné supérieurement par l'augmentation de rente BG , mesurée par la fonction de prix hédoniste initiale entre z_i^0 et z_i^1 . On dispose donc ici de moyens pour « approximer » *ex ante* le bénéfice environnemental, en l'absence d'informations sur l'évolution de la fonction de prix hédoniste.

En résumé, le surplus compensateur calculé entre les niveaux de qualité de l'environnement avant et après amélioration fournit respectivement la valeur du bénéfice environnemental ou une borne inférieure de ce même bénéfice, selon que l'on se situe à court terme ou après ajustement des offreurs et des demandeurs. Dès lors, le calcul d'un surplus marshallien à partir d'une fonction de demande non compensée, traditionnellement entrepris pour aboutir au bénéfice environnemental (voir par exemple Harrison et Rubinfeld, 1978; Brookshire *et al.*, 1981; Soguel, 1994), pose au moins trois problèmes : l'identification de la fonction de demande ; l'assimilation d'un surplus marshallien à un surplus compensateur (Willig, 1976; Randall et Stoll, 1980; Johansson, 1987); la prise en compte du relogement des ménages face à une modification de la fonction de prix hédoniste. Parallèlement, l'augmentation de la rente mesurée par la variation de la fonction de prix hédoniste initiale entre les niveaux de qualité de l'environnement donne respectivement la valeur du bénéfice ou sa borne supérieure, selon que la politique est locale ou plus étendue. Cette méthode a été fréquemment utilisée (par exemple

Parsons et Wu, 1991 ; Garrod *et al.*, 1993), sans toujours en préciser les limites d'application ; l'intérêt réside ici dans la suppression de la délicate étape d'identification de la demande. Se pose enfin le problème de l'agrégation des surplus ou des variations de rente individuels.

ESTIMATION DE LA FONCTION DE PRIX HÉDONISTE

On vient d'évoquer sous l'angle théorique les problèmes posés par l'équilibre du marché, l'identification de la demande et le calcul des bénéfices environnementaux. Une autre source de variation des résultats, d'ordre empirique cette fois, se situe en amont avec l'estimation de la fonction de prix hédoniste. La qualité de l'équation hédoniste ainsi que les prix implicites qui en sont dérivés varient selon de nombreux facteurs comme : la forme fonctionnelle utilisée, la spécification et les problèmes de multicollinéarité, la nature des variables dépendantes et environnementales, l'extension géographique du marché...

En l'absence de solution analytique simple du modèle de Rosen, la théorie donne peu d'indications sur la forme fonctionnelle ou la spécification de l'équation hédoniste. C'est plutôt l'adaptation aux données qui a guidé les auteurs dans le choix des différentes formes fonctionnelles recensées dans la littérature (linéaire, Log-linéaire, semi-Log, Log-Log, Box-Cox...). Il paraît intéressant de rechercher des formes flexibles : la transformation de Box-Cox de la variable dépendante $p(\lambda) = (p^\lambda - 1)/\lambda$ permet ainsi d'obtenir des prix implicites marginaux croissants, constants ou décroissants en fonction du niveau de caractéristique, selon la valeur de λ (Bateman, 1993). Par ailleurs, seules les formes Log et Box-Cox rendent le prix implicite marginal d'une caractéristique dépendant du niveau des autres caractéristiques. Halvorsen et Pollakowski (1981) ont généralisé la transformation de Box-Cox aux variables indépendantes, dans une forme fonctionnelle qualifiée de Box-Cox quadratique. Les formes fonctionnelles évoquées plus haut sont des cas particuliers de cette forme générale.

Quelques auteurs ont mis en évidence le manque de robustesse des prix implicites en cas de changement de forme fonctionnelle ou de spécification. Dans une étude sur la qualité de l'air en ville, Graves *et al.* (1988) ont montré comment les prix implicites marginaux du niveau de visibilité ou des particules en suspension variaient avec la forme fonctionnelle lorsqu'une première spécification était adoptée, mais demeuraient relativement stables avec une autre spécification. Cette même étude révèle également une variation du signe et de la signification du coefficient de la variable visibilité dans l'équation hédoniste, quand on change la spécification, alors que le coefficient des particules en suspension reste dans une fourchette relativement étroite. L'interaction entre

forme fonctionnelle et spécification est retrouvée dans l'étude très élaborée de Cropper *et al.* (1988). Ces auteurs ont simulé le fonctionnement d'un marché immobilier et, se donnant les paramètres de la fonction d'utilité, calculé les véritables prix implicites marginaux des attributs. Cette approche leur a permis de tester différentes associations d'une forme fonctionnelle et d'une spécification, en comparant les prix implicites dérivés des équations hédonistes aux véritables prix. Selon que l'équation hédoniste est bien spécifiée ou pas (omission de variables ou utilisation de « proxy »), ce sont des formes fonctionnelles différentes qui donnent les meilleurs résultats.

Pour des raisons de disponibilité des données, la majorité des études hédonistes du marché immobilier a porté sur la valeur ou le prix de vente des habitations; les prix issus de transactions réelles sont préférés aux estimations d'expert ou de propriétaire qui ont également été utilisées. Le prix de vente d'une habitation reflète la valeur capitalisée des futurs loyers, eux-mêmes dépendants de l'évolution de la qualité de l'environnement. Si cette évolution est prévisible, les anticipations des agents font que le prix de vente ne dépend plus uniquement de la qualité de l'environnement au moment de la vente. Ainsi, dans le cas où une amélioration de l'environnement est anticipée, les prix de vente seront supérieurs à ceux que la seule qualité actuelle permettrait de prévoir si elle n'évoluait pas. Régresser le prix de vente sur la qualité de l'environnement au moment de la vente conduit alors à une sous-estimation des prix implicites (Freeman, 1993). Parallèlement, le choix des indicateurs de qualité de l'environnement, variables d'intérêt ici, pose des questions délicates à traiter au cas par cas. Faut-il retenir un ou plusieurs indicateurs environnementaux? Doit-on utiliser des mesures objectives ou des mesures subjectives prenant en compte la perception des effets environnementaux par les agents? Existe-t-il des seuils de perception de ces effets? Faut-il préférer des valeurs moyennes ou des valeurs extrêmes lorsque le critère environnemental varie dans le temps? Sur quel périmètre géographique autour de l'habitation doit-on faire la mesure? Quelle est la validité des mesures indirectes des aménités ou des nuisances (« proxy »)? etc.

Notons enfin que l'estimation de l'équation hédoniste nécessite la définition préalable de l'extension du marché. Selon Palmquist (1991), le regroupement abusif de marchés segmentés débouche sur des coefficients biaisés. L'existence de marchés segmentés en liaison avec des barrières géographiques, mais aussi sociales ou ethniques, nécessite alors l'estimation de fonctions de prix hédonistes séparées. Dans le cas du travail (salaires hédonistes), l'unité urbaine n'est pas la plus adaptée pour évaluer les aménités, car le lieu de résidence peut être éloigné du lieu de travail et les aménités sont alors valorisées sur le marché immobilier: l'hypothèse d'un marché régional ou national est ici envisageable. En revanche, on peut s'interroger sur la validité des études immobilières qui rassemblent le prix des résidences principales sur une vaste zone géographique,

englobant probablement plusieurs marchés. L'objectif de ces auteurs était d'obtenir une variabilité suffisante pour des actifs naturels particuliers, comme le paysage rural (Garrod et Willis, 1992; Garrod *et al.*, 1993).

CONCLUSION

La MPH s'appuie sur des bases théoriques solides pour étudier les comportements observés sur des marchés de biens différenciés, dont le prix reflète les valeurs environnementales. La méthode présente cependant des limites importantes, liées au caractère exigeant des hypothèses de départ et aux difficultés pratiques de mise en œuvre, mais aussi des limites intrinsèques. C'est ainsi que l'assimilation du prix implicite marginal d'un attribut au consentement à payer marginal requiert un marché en équilibre où les consommateurs maximisent leur utilité, et l'absence de coûts de mobilité autorisant un réexamen permanent des choix, hypothèses souvent éloignées de la réalité. La mesure des variations de bien-être occasionnées par un changement environnemental fait également appel à des hypothèses fortes sur la mobilité des ménages et l'ampleur des politiques mises en œuvre, ou se limite à des approximations encadrant la mesure exacte. L'identification préalable de la demande nécessite des variables exogènes et devrait être conduite à partir de données provenant de plusieurs marchés; ceci a été rarement fait, on peut donc s'interroger sur la validité des bénéfices produits dans la plupart des études empiriques passées. Par ailleurs, la mise en œuvre de la méthode présente de nombreuses difficultés pratiques liées à l'obtention d'indicateurs environnementaux pertinents, à la perception des changements environnementaux, aux anticipations des agents, à la définition du marché, mais également des difficultés d'ordre statistique. Enfin les limites intrinsèques de la méthode tiennent à la nature des valeurs mesurées et au champ d'application. Sont captées uniquement des valeurs d'usage et éventuellement d'option pour bénéficier d'aménités environnementales à proximité de l'habitation. En revanche, les valeurs d'usage passif ou les bénéfices récréatifs associés à des activités pratiquées à distance de l'habitation ne sont pas accessibles. On voit ici se dessiner le domaine d'application privilégié de la méthode: la ville.

La grande majorité des applications empiriques porte sur la valorisation d'attributs environnementaux urbains: criminalité (Clark et Cosgrove, 1990), environnement scolaire, niveau social du quartier, accès au travail et aux services (Arimah, 1992), bruit (Levesque, 1994), qualité de l'air (Brookshire *et al.*, 1981), espaces verts (More *et al.*, 1988), etc. Les données proviennent généralement d'une seule ville. Des études beaucoup plus rares ont tenté de mesurer la valeur d'attributs moins spécifiquement urbains en collectant les données sur des étendues géographiques plus vastes: accès et vue sur mer (Parsons et Wu, 1991), qualité

de l'eau (David, 1968), paysage (Garrod et Willis, 1992), inondations (Miyata et Abe, 1994), nuisances industrielles (Clark et Nieves, 1994)... Ici le choix d'un marché national amène certains auteurs à travailler simultanément sur les prix immobiliers et sur les salaires, ce qui complique la mise en œuvre.

On note l'absence d'études sur la valorisation des nuisances ou des services positifs apportés par l'agriculture. De tels résultats permettraient pourtant de procéder, par analyse coûts-bénéfices, à l'évaluation des politiques publiques de maîtrise des pollutions d'origine agricole ou de fourniture d'aménités par l'agriculture. Dans cette perspective, les bénéfices non marchands⁽²⁾ dérivés des équations hédonistes seraient rapprochés des coûts de production des biens environnementaux correspondants (traitement du lisier, déconcentration de la production hors-sol, modification des pratiques agricoles, diminution d'intrants, etc.). Les valorisations hédonistes apporteraient également un éclairage au débat concernant la rémunération des aménités ou la taxation des pollutions. Cependant, l'application de la MPH au domaine rural pose plusieurs problèmes : on peut en évoquer deux. Le premier a trait au choix du bien foncier dont on va étudier le prix. Pour disposer d'une variabilité suffisante des effets environnementaux de l'agriculture, il est nécessaire de considérer une vaste zone géographique. Si on travaille sur la valeur des propriétés, on risque de regrouper des marchés locaux, influencés en particulier par la situation du marché du travail. On peut tourner ce problème en s'intéressant à la zone périurbaine d'une grande ville, ou au marché des résidences secondaires. Une autre solution consiste à étudier le marché des hébergements touristiques (gîtes ruraux, chambres d'hôtes, hôtels, etc.), dont le niveau est plutôt régional, voire national. Ici malheureusement, les prix affichés ne sont généralement pas des prix d'équilibre. Un second problème réside dans le choix des attributs environnementaux. L'approche naturelle consisterait à indexer le prix des propriétés rurales sur les paramètres environnementaux directement affectés par l'agriculture (qualité de l'eau, biodiversité, éléments du paysage, etc.). Ces données ne sont pas forcément disponibles d'une part ; d'autre part il peut être difficile d'isoler la part de l'agriculture dans la variabilité de ces paramètres. Il reste alors la possibilité d'utiliser des variables représentatives de l'activité agricole (surface des différentes productions végétales, densités animales, etc.), qui traduisent indirectement un ensemble d'effets environnementaux, ce qui rend difficile l'interprétation.

⁽²⁾ Il conviendrait de comptabiliser également les bénéfices non pris en compte par la MPH, comme ceux liés aux déplacements récréatifs, à la fonction productive de l'environnement, etc.

BIBLIOGRAPHIE

- ARIMAH (B. C.), 1992 — Hedonic prices and the demand for housing attributes in a third world city: the case of Ibadan, Nigeria, *Urban Studies*, 29, (5), pp. 639-651.
- BARTIK (T. J.), 1987 — The estimation of demand parameters in hedonic price models, *Journal of Political Economy*, 95, pp. 81-88.
- BARTIK (T. J.), SMITH (V. K.), 1987 — Urban amenities and public policy, in: MILLS (E.), eds., *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. 2, *Urban Economics*, Amsterdam, Elsevier, pp. 1207-1254.
- BATEMAN (I.), 1993 — The hedonic price method, in: *Evaluation of the Environment: a Survey of Revealed Preference Technique*, Document de travail CSERGE, Newcastle, pp. 56-85.
- BROOKSHIRE (D.), D'ARGE (R.), CHULZE (W.), THAYER (M.), 1981 — Experiments in valuing public goods, in: SMITH (K. V.), eds., *Advances in Applied Microeconomics*, vol. 1, Greenwich, JAI Press.
- BROWN (J.), ROSEN (H.), 1982 — On the estimation of structural hedonic price models, *Econometrica*, 50, pp. 765-768.
- CLARK (D. E.), COSGROVE (J. C.), 1990 — Hedonic prices, identification, and the demand for public safety, *Journal of Regional Science*, 30 (1), pp. 105-121.
- CLARK (D. E.), NIEVE (L. A.), 1994 — An interregional hedonic analysis of noxious facility impacts on local wages and property values, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, pp. 235-253.
- CROPPER (M. L.), DECK (L. B.), McCONNEL (K. E.), 1988 — On the choice of functional form for hedonic price functions, *Review of Economics and Statistics*, 70, pp. 668-675.
- DAVID (E. L.), 1968 — Lakeshore property values: a guide to public investment in recreation, *Water Resources Research*, 4 (4), pp. 697-707.
- DESAIGUES (B.), POINT (P.), 1993 — La méthode des prix hédonistes, in: *Economie du patrimoine naturel. La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement*, Paris, Economica, pp. 91-107.
- EPPLÉ (D.), 1987 — Hedonic prices and implicit markets: estimating demand and supply functions for differentiated products, *Journal of Political Economy*, 95, pp. 59-80.

- FOLLAIN (J.-R.), JIMENEZ (E.), 1985 — Estimating the demand for housing characteristics: a survey and critique, *Regional Science and Urban Economics*, 15, pp. 77-107.
- FREEMAN (A. M.), 1979 — Hedonic prices, property values and measuring environmental benefits: survey of the issues, *Scandinavian Journal of Economics*, 81, pp. 154-173.
- FREEMAN (A. M.), 1993 — Property value models, in: *The measurement of Environmental and Resource Values*, Washington, Resources for the future, pp. 367-420.
- GARROD (G. D.), WILLIS (K. G.), 1992 — Valuing goods' characteristics: an application of the hedonic price method to environmental attributes, *Journal of Environmental Management*, 34, pp. 59-76.
- GARROD (G. D.), WILLIS (K. G.), ADAMOWICZ (W. L.), 1993 — The environmental economic impact of woodland: a two stage hedonic prices model of the amenity value of forestry in Britain, in: ADAMOWICZ (W. L.), WHITE (W.), PHILIPS (W. E.), eds., *Forestry and the Environment: Economic Perspectives*, Wallingford, CAB International, pp. 198-226.
- GRAVES (P. E.), MURDOCH (J. C.), THAYER (M. A.), WALDAN (D.), 1988 — The robustness of hedonic price estimation: urban air quality, *Land Economics*, 64, pp. 220-233.
- HALVORSEN (R.), POLLAKOWSKI (H. O.), 1981 — Choice of functional form for hedonic price equations, *Journal of Urban Economics*, 10, pp. 37-49.
- HARRISON (D.), RUBINFELD (D. L.), 1978 — Hedonic housing prices and the demand for clean air, *Journal of Environmental Economics and Management*, 5, pp. 81-102.
- JOHANSSON (P. O.), 1987 — *The Economic Theory and Measurement of Environmental Benefits*, Cambridge, Cambridge University Press.
- LANCASTER (K. J.), 1966 — A new approach to consumer theory, *Journal of Political Economy*, 74, pp. 132-157.
- LEVESQUE (T. J.), 1994 — Modelling the effects of airport noise on residential housing markets: a case study of Winnipeg international airport, *Journal of Transport Economics and Policy*, mai, pp. 199-210.
- MİYATA (Y.), ABE (H.), 1994 — Measuring the effects of a flood control project: hedonic land price approach, *Journal of Environmental Management*, 42, pp. 389-401.
- MORE (T. A.), STEVENS (T.), ALLEN (P. G.), 1988 — Valuation of urban parks, *Landscape and Urban Planning*, 15, pp. 139-152.

- NELSON (J. P.), 1978 — Residential choice, hedonic prices, and the demand for urban air quality, *Journal of Urban Economics*, 5, pp. 357-369.
- PALMQUIST (R. B.), 1991 — Hedonic methods, in: BRADEN (J.) and KOLSTAD (C.D.), eds., *Measuring the Demand for Environmental Quality*, Elsevier, Amsterdam, pp. 77-120.
- PALMQUIST (R. B.), 1984 — Estimating the demand for the characteristics of housing, *Review of Economics and Statistics*, 66, pp. 394-404.
- PARSONS (G. R.), WU (Y.), 1991 — The opportunity cost of coastal land-use controls: an empirical analysis, *Land Economics*, 67, pp. 308-316.
- RANSALL (A.), STOLL (J. R.), 1980 — Consumer surplus in commodity space, *American Economic Review*, 70, pp. 449-455.
- RIDLER (R. G.), 1967 — *Economic Costs of Air Pollution: Studies in Measurement*, New-York, Praeger.
- ROSEN (S.), 1974 — Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition, *Journal of Political Economy*, 82, pp. 34-35.
- SOGUEL (N.), 1994 — *Evaluation monétaire des atteintes de l'environnement: une étude hédoniste et contingente sur l'impact des transports*, Thèse de l'Université de Neuchatel, 181 p.
- WILLIG (R. D.), 1976 — Consumer's surplus without apology, *American Economic Review*, 66, pp. 589-597.