



<http://economix.u-paris10.fr/>

Document de Travail

Working Paper

2007-23

Une méta-analyse des études d'évaluation monétaire
par la méthode des prix hédoniques
du coût externe des installations de traitement des déchets

Benoît CHÈZE



UMR 7166 CNRS

Université Paris X-Nanterre
Maison Max Weber (bâtiments K et G)
200, Avenue de la République
92001 NANTERRE CEDEX

Tél et Fax : 33.(0)1.40.97.59.07
Email : secretariat-economix@u-paris10.fr



Université Paris X Nanterre

Une méta-analyse des études d'évaluation monétaire par la méthode des prix hédoniques du coût externe des installations de traitement des déchets

Benoît Chèze*

Résumé

Cet article présente les résultats d'une méta-analyse dont le but est d'étudier les facteurs influençant les évaluations monétaires du coût externe des installations de traitement des déchets. Les décharges et les incinérateurs sont sources de nuisances importantes qui expliquent en partie l'opposition croissante face aux projets d'implantation de nouveaux sites. Une recherche bibliographique nous a permis d'identifier 12 études utilisant la méthode des prix hédoniques (toutes réalisées sur le continent nord-américain) pour estimer en termes monétaires le coût externe des installations de traitement des déchets. Cette méta-analyse est réalisée sur les 45 estimations fournies par ces études primaires. Une méta-analyse est une méthode de recherche quantitative utilisant des outils économétriques afin d'analyser les résultats d'un ensemble de travaux antérieurs portant sur une question donnée. Le premier but de cette communication consiste à mettre en avant une estimation monétaire moyenne du coût externe des installations de traitement des déchets. Le second but est d'étudier les facteurs influençant la variabilité des différentes estimations. Nous montrons que la distance, le revenu, les caractéristiques des installations de traitement des déchets, la spécification de la forme fonctionnelle de l'équation de prix hédonique et l'information publique expliquent en grande partie cette variabilité des différentes estimations.

Mots-clé : Méta-analyse, méthode des prix hédoniques, évaluation environnementale, déchets

Classification JEL :

Q53, Q51

*ADEME et EconomiX UMR 7166, Bureau G-507a, Université Paris-X Nanterre, 200 avenue de la République, 92001 Nanterre Cedex.

Tel: +33(0)1.40.97.59.36

Fax: +33(0)1.40.97.59.73

E-mail: benoit.cheze@u-paris10.fr

Introduction

Il y a en France près de 130 incinérateurs, 350 décharges autorisées et 880 décharges non autorisées. Ces deux modes de traitement des déchets représentent actuellement plus des trois quarts du traitement des flux des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA)¹ et constituent donc le premier mode de gestion des déchets. Pourtant la population s'oppose de plus en plus souvent à l'implantation de décharges et d'incinérateurs à proximité de leurs lieux d'habitation. Si l'implantation de nouveaux sites de traitement des déchets est très critiquée, alors même qu'elle demeure indispensable, c'est que ces derniers sont à l'origine d'externalités négatives importantes. En effet, les décharges sont source d'émission de gaz à effet de serre (le méthane) et elles sont à l'origine de nuisances olfactives, visuelles (dégradation du paysage et prolifération d'oiseaux entraînant de nombreux dommages) et sonores (trafic important des bennes et camions) envers les riverains. Quant à l'incinération, elle a pour principal coût externe la pollution atmosphérique². Les risques sanitaires réels et imaginés des incinérateurs constituent la cause majeure de leur contestation par les populations habitant à proximité. Les nuisances sans portée sanitaire viennent renforcer les craintes sanitaires des riverains. Elles regroupent la circulation, le bruit, les odeurs, l'intrusion visuelle dans le paysage et les fumées sortant des cheminées.

On l'a dit, ces externalités négatives expliquent dans une large mesure l'opposition croissante à laquelle doit faire face tout projet de construction d'une future décharge ou usine d'incinération. Mais qu'en est-il des équipements de traitement des déchets déjà en activité ? Retrouve-t-on ce même type de comportement à l'égard des sites déjà existants ? Si tel est le cas, alors les nuisances de ce type d'infrastructures devraient être telles qu'un nombre conséquent de personnes choisirait de ne pas habiter à proximité ? Répondre à cette question revient à se demander dans quelle mesure la présence des installations de traitement des déchets a un impact négatif sur le prix des logements situés à proximité³ ? Telle est la question centrale qui guide cette recherche. Cette question a son importance puisqu'elle

¹ 77 % des DMA sont traités par l'incinération ou la mise en décharge : 32,4 % pour l'incinération et 44,6 % pour la mise en décharge. Le recyclage représente 12 % et le compostage 11%. Chiffres ADEME pour 2000.

² Notons qu'avec les normes d'émission mises en place à la fin de l'année 2005, l'impact environnemental des incinérateurs sera bien plus lié aux polluants génériques (particules, NO_x, SO₂) qu'aux substances emblématiques de l'incinération (dioxines, métaux lourds).

³ En effet, si la demande pour les logements situés à proximité de ces sites est faible, leurs prix en seront affectés à la baisse.

permet de questionner, nous verrons comment, les estimations monétaires du coût externe des installations de traitement des déchets.

Pour l'explorer, nous présentons une méta-analyse des études d'évaluation monétaire par la Méthode des Prix Hédoniques (MPH) du coût externe des installations de traitement des déchets (décharges et incinérateurs). La méta-analyse est une technique introduite en économie par Glass en 1976. Elle fait l'analyse statistique des résultats (statistiques) de plusieurs études. C'est une façon d'analyser un ensemble de travaux antérieurs portant sur une question donnée. A la différence d'une revue de littérature qui commente les travaux de façon littéraire, la méta-analyse utilise des techniques statistiques (**Behaghel [2006]**). Elle est utile pour synthétiser les résultats, tester leur validité et quantifier l'influence des caractéristiques de la recherche (méthode, spécifications, etc.), du contexte et de l'objet de l'étude sur les estimations obtenues. Ici nous nous attachons plus spécifiquement à étudier par cette technique les résultats de travaux déjà réalisés qui utilisent la MPH appliquée au marché immobilier pour estimer le coût externe des décharges et des incinérateurs.

Ce travail de synthèse est nécessaire car la question de l'évaluation monétaire des externalités dans le secteur de la gestion des déchets reste encore largement inexplorée en France, contrairement au continent Nord américain⁴. Pourtant cette évaluation devient de plus en plus nécessaire pour trois raisons au moins. Premièrement, savoir dans quelle mesure et sous quelles conditions un bien immobilier risque d'être dévalué par la présence d'une décharge ou d'un incinérateur à proximité est susceptible d'intéresser tout propriétaire d'un logement (actuel ou futur). Deuxièmement, nous le verrons, l'étude d'un marché immobilier situé près d'un de ces deux modes de traitement des déchets permet d'obtenir une estimation en termes monétaires de leurs coûts externes. Ces valeurs monétaires peuvent ensuite être intégrées dans différentes Analyses Coûts-Bénéfices (ACB), favorisant ainsi une meilleure efficacité de la politique de gestion des déchets aux niveaux national et local. Troisièmement enfin, la radicalisation croissante de la contestation locale des équipements⁵ fait courir un risque de pénurie des capacités de traitement des déchets en France à l'horizon 2010 (**Dufeigneux [2004]**). Il convient donc de réfléchir aux facteurs d'acceptabilité de ces

⁴ Nous ne connaissons pas par exemple d'études évaluant par la méthode des prix hédoniques le coût externe d'une décharge ou d'un incinérateur français.

⁵ On parle souvent dans ce cas du syndrome NIMBY ; acronyme de l'expression « Not In My Backyard », littéralement « pas dans mon jardin ». Cette formule est utilisée pour qualifier l'attitude des opposants à tout projet d'implantation de sites susceptibles d'engendrer diverses nuisances à leur rencontre.

équipements par les populations locales. Nous voulons croire que les compensations financières versées à la ville d'accueil du site en dédommagement des nuisances subies en font partie⁶.

L'objectif de cette communication est de proposer un éclairage sur les méthodes d'évaluation monétaire des externalités associées à la gestion des déchets en réalisant une synthèse des études de prix hédoniques déjà réalisées sur ce sujet. La méta-analyse présentée ici repose sur 45 estimations du coût externe d'installations de traitement des déchets évaluées par cette méthode. Ces estimations sont issues de 12 études différentes toutes réalisées sur le continent nord-américain.

Elle vise à répondre à deux questions.

Premièrement, au vu de la littérature existante, les installations de traitement des déchets ont-elles une influence négative sur les prix de vente des logements situés aux alentours ?

Secondement, quels sont les déterminants des estimations de ce coût externe ? Sont-elles plutôt dues aux caractéristiques mêmes de l'infrastructure, à la manière dont est réalisée l'étude de prix hédoniques ou encore aux informations que peuvent avoir les habitants vis-à-vis de ces installations ? Autant d'éléments susceptibles d'aiguiller ensuite les futures mises en œuvre d'études utilisant la méthode de prix hédoniques.

Ces questions vont structurer notre analyse organisée de la façon suivante. La section 1 est consacrée à la présentation de la méthode des prix hédoniques. Il s'agit d'expliquer comment l'étude d'un marché immobilier dans lequel se trouve une installation de traitement des déchets permet d'obtenir une estimation monétaire de son coût externe. La section 2 présente la mise en œuvre de la méta-analyse, ses résultats économétriques et leur interprétation.

⁶ Le même rapport met en avant d'autres réponses telles que les choix à la fois des lieux d'implantation et des réponses techniques réduisant les nuisances inhérentes à chaque type d'infrastructure.

1. La méthode des prix hédoniques

Cette partie rappelle brièvement la Méthode des Prix Hédoniques (MPH) et explique en quoi, lorsqu'elle est appliquée au marché immobilier, elle permet d'obtenir une estimation monétaire du coût externe des installations de traitement des déchets.

1.1. Une présentation générale

Comme toutes les méthodes dites des préférences révélées, elle suppose qu'il est possible d'inférer le consentement à payer des agents pour une certaine qualité de l'environnement, en observant leurs comportements lors de transactions de biens marchands. On cherche à reconstituer les caractéristiques de comportements inobservables à partir de « preuves empiriques » concernant d'autres actions qui elles le sont. Cette méthode d'évaluation monétaire repose sur l'hypothèse de complémentarité faible de **Mäler [1974]** entre les services des biens environnementaux et certains biens marchands. Elle suppose que le prix d'un bien marchand (par exemple un bien immobilier) dépend de ses caractéristiques, parmi lesquelles certaines sont liées à la qualité de l'environnement. Considérons par exemple deux logements A et B identiques à la seule différence que le logement A se trouve à proximité d'une décharge. Le prix de vente de cette maison risque d'être plus bas que celui du logement B. En effet la maison proche de la décharge a toutes les chances d'être moins demandée par les acheteurs potentiels car certains ne voudront pas subir les nuisances (réelles et supposées) de cette dernière. Cette différence de prix entre les deux maisons peut s'interpréter comme le consentement à payer pour ne pas subir le coût externe des nuisances de la décharge. Ainsi, même s'il n'y a pas de marché sur lequel est déterminé le prix des nuisances des décharges, il existe un marché complémentaire (le marché des biens immobiliers) où les individus révèlent leur consentement à payer pour ne pas subir le coût externe des nuisances de la décharge. Les consommateurs révèlent, par le biais de leurs choix explicites de logement sur le marché immobilier, la valeur implicite qu'ils accordent à ne pas ressentir les nuisances des décharges.

Il est toutefois rare que les caractéristiques de deux logements soient rigoureusement identiques. C'est pourquoi, si l'on cherche à isoler le prix implicite d'une des caractéristiques du logement, il est nécessaire de contrôler statistiquement l'influence qu'ont les autres caractéristiques sur la valeur des biens immobiliers. Chaque logement étant une combinaison unique des différents attributs qui le caractérisent, la décision d'un tel achat relève d'un choix

complexe. Cependant, s'il existe un échantillon suffisamment grand de logements pour garantir un nombre important de combinaisons différentes de leurs caractéristiques, il est possible d'estimer, par le biais de régressions économétriques, une fonction de prix implicite qui montre comment ces valeurs varient avec la distribution d'une caractéristique donnée. De manière plus formelle, le modèle des prix hédoniques peut être présenté comme suit. Les prix de vente des maisons (P) sont supposés être fonction de trois vecteurs de caractéristiques : les caractéristiques propres à la maison considérée (S) telles que le nombre de pièces ou de m², les caractéristiques du voisinage de la maison considérée (N) comme le taux de criminalité ou la réputation des écoles avoisinantes et la qualité de l'environnement (Q), par exemple le taux de pollution de l'air (**Hanley & Spash, 1993, p. 76**).

$$P = P(S_i, N_j, Q_k) \quad (\text{A})$$

avec $i = 1 \dots m$, $j = 1 \dots n$, $k = 1 \dots l$.

Les coefficients estimés de cette fonction de prix hédoniques permettent de calculer les prix implicites marginaux pour chacune des caractéristiques. Le prix implicite marginal d'une caractéristique représente l'augmentation des dépenses qu'il faut réaliser pour obtenir une unité de plus de cette caractéristique, toutes choses égales par ailleurs. Autrement dit, le prix implicite marginal d'une variable environnementale représente le consentement à payer pour bénéficier d'une amélioration marginale de la qualité de l'environnement.

Le prix implicite marginal, r , est la dérivée partielle de la fonction P par rapport à la k ème caractéristique.

$$\frac{\partial P}{\partial Q_k} = r \quad (\text{B})$$

1.2. La MPH permet d'estimer le coût externe d'une installation de traitement des déchets

Pour estimer les prix implicites marginaux des caractéristiques des logements, les économistes ont généralement le choix entre plusieurs formes fonctionnelles de l'équation de prix hédoniques. Il s'agit le plus souvent des formes linéaire, log-linéaire, log-log ou Box-Cox (Voir l'**annexe 1** pour plus de détails). L'estimation des coefficients de cette fonction (ou équation) de prix hédoniques ne constitue normalement que la première étape de l'estimation d'un modèle hédonique⁷. Pourtant, aucune des études primaires figurant dans notre méta-analyse ne met en œuvre la seconde étape. La raison principale est d'ordre pratique : il est difficile d'obtenir des caractéristiques socio-économiques à un niveau si peu agrégé. D'un point de vue théorique, **Palmquist [1992]** montre que le consentement à payer pour un changement environnemental peut être déterminé à partir de la première étape de l'estimation du modèle hédonique dans le cas d'une externalité « localisée ». Dans ce cas précis, se contenter de réaliser uniquement la première étape pour estimer des consentements à payer semble acceptable. En effet, un changement de l'environnement localisé affecte seulement un petit nombre de propriétés du marché immobilier, de sorte que l'équation de prix d'équilibre n'est pas modifiée par le changement. En revanche, si le changement environnemental n'est pas localisé, le prix d'équilibre est modifié suite à la politique mise en œuvre. L'estimation de la seconde étape est alors nécessaire pour déterminer un consentement à payer non-marginal. Globalement, au vue de la littérature existante, les installations de traitement des déchets affectent uniquement les prix de vente des maisons situées dans un rayon compris entre un et quatre miles ; au-delà il n'y a pas d'effet constaté. Ainsi, les externalités des décharges et des incinérateurs sont plutôt localisées et l'estimation des prix marginaux implicites suffit pour estimer leur coût externe total.

7

Selon **Rosen [1974]**, l'estimation de la fonction de prix hédonique ne permet pas d'identifier le comportement des consommateurs, nécessaire par exemple pour connaître les élasticités ou le consentement à payer. En effet, un prix est un équilibre ponctuel entre une offre et une demande qui ne permet pas de connaître les fonctions d'offre ou de demande sous-jacentes. La seconde étape de la méthode des prix hédoniques vise à résoudre ce problème d'identification des paramètres de la demande. Elle consiste à estimer la courbe de demande (ou de demande inverse) du bien environnemental Q. Les paramètres de cette fonction sont estimés en régressant son prix implicite r sur la variable Q et des caractéristiques socio-économiques (SE) relevantes telles que l'âge, le revenu et le niveau d'éducation :

$$r = P(Q_k, SE_l) \quad \text{avec } k = 1 \dots m, l = 1 \dots n.$$

Les études analysées dans notre méta-analyse retiennent la distance (exprimée en miles) séparant chaque maison de la décharge ou de l'incinérateur étudié comme variable environnementale pour déterminer si les propriétaires des logements sont victimes de nuisances. Ces études obtiennent alors une estimation du consentement à payer des résidents (le prix implicite marginal) pour se trouver un mile plus loin de l'installation de traitement des déchets.

Une fois ce prix implicite marginal estimé, il est possible d'en déduire une évaluation du coût externe total (non annualisé) de l'installation de traitement des déchets. **DEFRA [2004]** par exemple le calcule comme suit. Soit d , la densité moyenne de maisons par mile² situées aux alentours du site étudié et z le prix implicite marginal de ses nuisances. Supposons que seules les maisons situées dans un rayon inférieur à 3,5 mile autour subissent une perte de valeur (ce qui est le plus souvent constaté). Si l'on imagine trois rayons concentriques et que l'on calcule l'aire de ceux-ci à 1,16, 2,32 et 3,5 miles de l'installation, on obtient son coût externe total en utilisant la formule suivante :

$$\text{Coût externe total} = (3 \times z \times d \times \pi (1,16^2)) + (2 \times z \times d \times (\pi 2,32^2 - \pi 1,16^2)) + (z \times d \times (\pi 3,5^2 - \pi 2,32^2))$$

(C)

2. Mise en œuvre de la méta-analyse

On l'a dit, les méta-analyses sont des analyses statistiques d'un ensemble d'études portant sur un même sujet qui visent à tester et à quantifier l'influence d'un certain nombre de caractéristiques sur leurs résultats afin d'en faire une synthèse rigoureuse. L'hypothèse sous-jacente aux méta-analyses est qu'il existe une relation systématique entre les valeurs fournies par les méthodes d'évaluation d'une part et les caractéristiques de l'évaluation (méthode, contexte...) d'autre part. On suppose en fait que la base théorique, les hypothèses et les contraintes d'application des études initiales expliquent en grande partie les divergences de résultats. Ces travaux de recherche comparative ont d'abord été développés pour les sciences expérimentales (**Glass [1976]**). De nombreuses méta-analyses sont encore réalisées par exemple en médecine pour tester l'efficacité thérapeutique des médicaments. Ces travaux commencent désormais à connaître des applications en économie. **Florax [2002]** en dénombre une quarantaine entre 1980 et 2002, la plupart en économie de l'environnement, dont plus de la moitié concerne des études cherchant à valoriser un bien environnemental⁸.

Nous présentons ici une méta-analyse, réalisées à l'aide de techniques économétriques, des études d'évaluation des coûts externes des décharges et incinérateurs obtenues par la méthodes prix hédoniques. Une méta-analyse passe par la modélisation des résultats empiriques originaux et la définition d'une unité standard rendant possible la comparaison des différents résultats.

⁸ En économies de l'environnement, voir par exemple les études réalisées par **Nelson [1980, 2004]** ; **Katzman [1987]** ; **Smith, Huang [1993, 1995]** ; **Schwartz [1994]** ; **Button [1995]** ; **Carson et alii [1996]** ; **Loomis, White [1996]** et celle de **Smith, Pattanayak [2002]**.

Ce domaine de recherche se développe également en macroéconomie. Voir par exemple le numéro spécial de la revue **Journal of Economic Survey** (Vol. 19, n°3 [2005]).

2.1 Présentation générale

Nous avons montré dans la Section 1 comment obtenir une évaluation du coût externe d'une installation de traitement des déchets à partir de l'estimation par la méthode des prix hédoniques du prix implicite marginal pour se trouver un kilomètre plus loin du site (voir l'équation (C)).

Ces prix implicites marginaux estimés sont « récupérés » et deviennent chacun l'une des composantes Y_i de la variable dépendante Y de la méta-analyse – avec $i = \{1, \dots, I\}$ où I est le nombre total d'estimations retenues. Le ou les résultat(s) de chaque étude retenue est donc considéré comme une observation de la méta-analyse. En notant N le nombre total d'études retenues, on a $I \geq N$ car une même étude peut fournir plusieurs estimations du consentement à payer des résidents (le prix implicite marginal) pour se trouver un kilomètre plus loin d'une décharge ou d'un incinérateur.

Les consentements à payer sont supposés être différents selon les installations de traitement des déchets. Nous avons :

$$Y_i = X_i' \beta + \nu_i, \quad \forall i = \{1, \dots, I\} \quad \text{(D)}$$

Où Y_i est le prix implicite marginal, X_i le vecteur des caractéristiques de l'installation de traitement des déchets et de l'étude pouvant expliquer les différences entre les prix implicites marginaux, β le vecteur des coefficients à estimer et ν_i l'aléa de l'équation qui est supposé suivre une loi normale centrée et de variance σ_ν^2 .

Y_i n'est pas observable. En revanche chaque étude retenue dans la méta-analyse fournit une (ou plusieurs) estimation(s) du prix implicite marginal, notée \hat{Y}_i , à laquelle (auxquelles) est (sont) associée(s) une erreur d'estimation :

$$\hat{Y}_i = Y_i + \varepsilon_i = X_i' \beta + \nu_i + \varepsilon_i, \quad \forall i = \{1, \dots, I\} \quad \text{(E)}$$

Où ε_i est un terme d'erreur qui suit une loi normale d'espérance nulle. La variance de ε_i diffère selon les études, en raison par exemple des différentes tailles d'échantillons. Pour chaque étude, une estimation de la variance est donnée par le carré de l'écart-type de l'estimation du prix implicite marginal \hat{Y}_i , notée se_i^2 . La valeur de se_i^2 est déduite pour chaque étude de la valeur de l'écart-type de l'estimation du prix implicite marginal. En supposant que v_i et ε_i sont indépendants, \hat{Y}_i suit une loi normale d'espérance $X_i'\beta$ et de variance $\sigma_v^2 + se_i^2$.

2.2 Présentation des données

L'étape préliminaire à toute revue de littérature portant sur un sujet donné – qu'elle soit qualitative ou quantitative – consiste à rechercher l'ensemble des études réalisées sur ce problème et à les évaluer. Ce travail est assez long car il s'agit d'obtenir le nombre le plus exhaustif possible d'études. La réalisation d'une méta-analyse comporte une étape supplémentaire : la codification des études recensées. On aboutit ainsi à une base de données qui résume la connaissance empirique accumulée sur ce domaine pour une période donnée. La base de données doit contenir des informations sur les publications (référence exacte, année de publication, type de publication...), les évaluations fournies par chaque étude et leurs caractéristiques (méthode utilisée, nombre d'observations...) et des informations contextuelles (lieu de l'étude, date de réalisation...).

La recherche d'études empiriques s'est fondée sur plusieurs sources principales d'information : les bases de données JSTOR, EconLit, Science Direct, RepEc (IDEAS), les bibliographies de la littérature traitant de ce problème (**Boyle, Kiel [2001], Farber S. [1998], Jackson T. O.[2001], Eshet et alii [2005]**), et les études non publiées. Cette recherche a été complétée par l'*Environmental Valuation Reference Inventory* (EVRI)⁹, banque d'études empiriques sur la valeur économique des avantages environnementaux et des effets sur la santé.

⁹ Accessible sur le site www.evri.ca.

Pour être intégrée à la méta-analyse, une étude doit vérifier les deux critères suivants :

1. proposer une estimation par la méthode des prix hédoniques du prix implicite marginal pour habiter un mile plus loin de l'installation de traitement des déchets.
2. offrir une information suffisamment détaillée pour apporter les éléments nécessaires au paramétrage.

Au terme de ce processus de sélection, douze études ont finalement été retenues pour un total de 45 estimations du prix implicite marginal. Elles ont été publiées entre 1991 et 2005 et ont toutes été réalisées sur le continent nord-américain (deux études réalisées au Canada et douze aux Etats-Unis). Certains travaux n'ont pu être intégrés puisqu'il n'était pas possible d'associer un bénéfice/coût à une variation des nuisances.

Nous avons déjà signalé l'existence d'une méta-analyse portant sur à peu près le même sujet que celle-ci (**Walton et alii [2006]**). Leur échantillon est plus petit que le nôtre. Il comprend 6 études pour 16 estimations. Notre échantillon diffère car nous avons préféré prendre en compte les études estimant en même temps plusieurs sites de traitement des déchets et également celles fournissant des valeurs négatives du coût externe ou statistiquement non significatives. Enfin, nous avons également ajouté d'autres études.

Le tableau 1 présente le nombre d'évaluations dégagées de chaque étude.

Tableau 1 : *Etudes retenues dans la méta-analyse*

Etudes	Nombre d'estimations par études
Nelson A., Genereux J., Genereux M. [1992]	1
Reichert A. K. [1997]	3
Smolen G.E., Moore G., Conway L.V. [1992]	6
Kohlhase J. [1991]	5
Thayer, M., Albers H., Rahmatian M. [1992]	7
Reichert, A. K., Small M., Mohanty S. [1992]	3
Kiel K., McClain K. [1995]	3
Lim J. S., Missios P. [2003]	4
Nelson A., Genereux J., Genereux M. [1997]	3
Deaton B.J., Hoehn J.P. [2004]	3
Ready R.C. [2005]	3
Hite Chern Hitzhusen Randall [2001]	4
Total=12	Total=45

2.3 Le paramétrage

Le paramétrage des études empiriques vise à traduire certaines de leurs caractéristiques. Le choix des variables explicatives d'une méta-analyse est guidé par les hypothèses théoriques sur les modérateurs potentiels et par les aspects méthodologiques. La plupart des variables explicatives potentielles de cette méta-analyse ont été retenues sur la base de la revue de la littérature narrative présentée dans la section précédente. Les difficultés de cette étape sont avant tout liées à la nature de la recherche et à la manière dont les résultats sont reportés. La variabilité constatée tant dans la forme que dans les efforts fournis pour présenter les résultats, rendent l'identification des informations nécessaires délicate. Celles concernant les hypothèses posées ou les procédés utilisés, sont parfois peu détaillées, partielles, voire absentes.

De plus, beaucoup d'études ne présentant pas d'information sur le niveau de certaines variables indispensables à l'analyse, comme le revenu des ménages habitant à proximité du site étudié par exemple, nous avons donc dû reconstruire ces informations manquantes. S'il peut être utile de compléter la base d'information initiale, on ne peut suppléer aux carences d'information, au risque d'introduire une part de subjectivité et de modifier le sens des données de départ. La méta-analyse doit s'adapter à la structure commune des études, impliquant une perte d'information indéniable sur certaines études et sur le caractère explicatif de certaines données.

La variable expliquée

La variable expliquée choisie représente le coût externe des installations de traitement des déchets. Il s'agit des prix marginaux implicites estimés par la méthode des prix hédoniques. Afin de rendre les comparaisons possibles, ces estimations ont été homogénéisées par une mesure standard et une unité de référence. Dans notre méta-analyse, les estimations du prix marginal implicite ne sont pas exprimées directement en termes monétaires, mais comme le pourcentage d'augmentation du prix des logements pour se situer un kilomètre plus loin d'une installation de traitement des déchets (voir l'**annexe 1** pour plus de détails).

Les variables explicatives

Nous présentons maintenant les variables susceptibles d'influencer les estimations du consentement à payer des résidents pour ne pas subir le coût externe des installations de traitement des déchets. On distingue trois types de variables : socio-économiques, méthodologiques et contextuelles. L'annexe 2 fournit une description de ces variables et présente leurs statistiques descriptives.

i) Variables socio-économiques

Faute de données sur le niveau de revenu des populations considérées, les chiffres du revenu médian par ménage de la ville où se trouve l'installation de traitement des déchets (*Rmed*) ont été employés comme indicateur de substitution du revenu (exprimé en dollars 2002). Il s'agit d'une variable reconstruite à partir du site internet du recensement américain (US Census).

La variation du niveau des nuisances des décharges et des incinérateurs (*Dist*) est une variable continue et correspond à la distance moyenne des maisons par rapport à la décharge (exprimée en miles¹⁰). Cette variable traduit l'ampleur du changement environnemental dont on évalue les effets. Un coefficient négatif est attendu pour cette valeur car cela signifierait que le coût externe d'un site de gestion des déchets augmente à mesure qu'on s'en rapproche. Compte-tenu de certains résultats des études primaires recensées précédemment, nous introduisons dans notre régression le carré de la distance (*Distb*) afin de tester l'existence d'une relation quadratique entre cette variable et les estimations du coût externe.

ii) Variables méthodologiques

Trois modèles de spécification de la forme fonctionnelle de l'équation des prix hédoniques sont retenus dans les études primaires recensées : les formes linéaire, log-linéaire et log-log. Il en résulte que les estimations des prix implicites marginaux obtenues avec le modèle linéaire peuvent être systématiquement différentes de celles obtenues avec le modèle log-linéaire ou log-log. Trois variables dichotomiques (*Fonctlin*, *fonctlog* et *foncta*) sont donc

¹⁰ 1 mile=1,6093 km. Cette variable est exprimée en miles et non en kilomètres car cette méta-analyse porte sur des études en majorité américaine.

créée pour voir si la forme de l'équation de prix hédoniques a une influence sur les estimations.

La variable *Distmax* correspond à la distance maximale séparant la maison la plus éloignée du site étudié de l'échantillon sur lequel a été réalisée l'étude. Nous nous attendons à ce que le coefficient de cette variable soit négatif. En effet, plus le périmètre de l'échantillon des maisons retenu est grand et moins celles-ci ont de chances d'être affectées par les nuisances de l'installation de traitement des déchets.

A la suite de **Deaton et alii (2004)**, nous incorporons également dans notre régression une variable dummy indiquant si l'étude a pris en compte ou non l'existence d'un ou plusieurs autres sites susceptibles d'être également source de nuisances (*Varenv*).

iii) Variable contextuelle

Nous avons vu que les différences d'estimation du coût externe d'une installation de traitement des déchets peuvent dépendre des caractéristiques propres à la décharge. Afin de vérifier cela, une variable dichotomique précisant si le site de traitement des déchets accueille, ou non, des déchets toxiques (*Detox*) a été créée. Cette information est donnée par l'étude. On peut penser *a priori* qu'une décharge pour déchets dangereux a un impact sur les logements plus important qu'une décharge pour déchets non-dangereux.

Avant de mettre en œuvre la méta-analyse, il convient de s'assurer que les différences observées entre les estimations des différentes études ne sont pas – de manière significatives – dues au hasard et si les conditions sous-jacentes sont similaires, ou homogènes.

2.4 Mise en œuvre du test d'homogénéité

L'hétérogénéité se définit comme le rejet de l'hypothèse d'homogénéité des « effect sizes ». On parle indifféremment de test d'homogénéité ou de test d'hétérogénéité.

Hedges et Olkin (1985) ont proposé un test d'homogénéité des grandeurs de l'effet afin de répondre à la question fondamentale suivante : *la variation des estimations des PMI est-elle réellement due à des variables modératrices ou simplement à des erreurs d'échantillonnage ?*

L'homogénéité totale des études est vérifiée en réalisant le test Z de Cochran qui permet de tester l'hypothèse nulle selon laquelle toutes les grandeurs d'effet sont égales (**Hedges et Olkin , 1985 ; Gurevitch et Hedges, 1993**). L'hétérogénéité totale d'un échantillon, Z est calculée de la manière suivante :

$$Z = \sum_{i=1}^N w_i (q_i - Q)^2 \quad (3)$$

où w_i est l'inverse de la variance de l'échantillon, q_i est l'estimation du PMI de l'étude i et

Q est l'estimation de la grandeur de l'effet dans la population ($Q = \frac{\sum_{i=1}^N w_i q_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$).

La valeur obtenue se distribue comme un chi-deux de N-1 degré de liberté. En suivant les règles de décision classique du test du chi-deux, si Z est voisin de 1, la variation des résultats est due à l'échantillonnage, dans le cas contraire, la variation est due aux fluctuations d'échantillonnage.

Pour les études de notre échantillon, Q vaut 1,63% et Z=70257,79. Aussi, l'hypothèse nulle d'homogénéité est rejetée au niveau $\alpha=1\%$. Les variations des estimations des PMI ne sont pas dues à une erreur d'échantillon mais s'expliquent par d'autres facteurs. Ce test justifie donc la mise en œuvre de notre méta-analyse.

2.5 Les résultats de la méta-analyse

Nous avons déjà précisé quelle est la variable dépendante de cette méta-analyse. Les variables explicatives du modèle de régression correspondent aux facteurs identifiés lors du paramétrage.

Comme les prix marginaux implicites sont estimés avec une précision plus ou moins importante (les écart-types des estimations étant plus ou moins grands), la variable aléatoire \hat{Y}_i de la méta-analyse a toute les chances d'être hétéroscédastique. Une autre raison renforçant ce risque est que la spécification de la forme fonctionnelle de l'équation des prix hédoniques diffère selon les études. Les coefficients de régression de la méta-analyse ont été estimés par les Moindres Carrés Ordinaires. L'hétéroscédasticité a été corrigée de deux manières : *i*) en ayant recours à la matrice de variance-covariance de White et en estimant le modèle par les Moindres Carrés Pondérés (MCP) par l'inverse de *ii*) de la variance et *iii*) de l'écart-type de chacune des estimations du prix implicite marginal. Le tableau 2 présente les estimation du modèle réduit des 3 régressions et le tableau 3 leurs tests de diagnostiques. La sélection de ces modèles a été obtenue en utilisant les critères d'information d' Akaike et de Schwarz et le critère Cp de Mallow.

La spécification log-lin¹¹ a servi de base à la sélection du modèle réduit car elle correspond au meilleur modèle d'un point de vue statistique.

¹¹ Le modèle log-lin a été retenu parmi les trois formes fonctionnelles testées: linéaire, semi-logarithmique et log-log. Le choix entre le modèle linéaire et log-linéaire a été réalisé en testant le modèle Box-Cox.

Tableau 2 : Modèle réduit estimé par la matrice de White (modèle (1)) et les MCP (modèles (2) et (3))

Estimation des paramètres				
Variables	Modèles	Modèles Log-Linéaires		
		(1)	(2)	(3)
Constante		1.945013 (***) 0.6390	0.56412 (*) 0.60867	1.27453 (*) 0.71022
Revenu median		0.014988 0.0107	0.03865 (***) 0.00672	0.02928 (***) 0.00848
Distance		-0.93247 (**) 0.4670	-1.84456 (***) 0.28684	-1.67828 (***) 0.41628
Distance au carré		0.192675 (**) 0.0892	0.29460 (***) 0.05920	0.29114 (***) 0.08586
Site traitant des déchets toxiques		0.735765 (*) 0.3848	0.99126 (**) 0.28464	0.78702 (***) 0.33807
Distmax		-0.21512 (***) 0.0754	-0.04826 (**) 0.04088	-0.11800 (**) 0.05737
Modèle Log-Log (1='vrai'; 0=otherwise)		-0.514116 0.3939	-1.02137 (***) 0.21208	-0.79298 (***) 0.31194
Modèle Log-lin (1='vrai'; 0=otherwise)		-0.87819 (***) 0.3290	-0.60062 (***) 0.17640	-0.68043 (***) 0.26556
Varenv (=1 si l'étude prend en compte d'autres sources de nuisance)		-0.893563 (**) 0.3712	-1.14507 (***) 0.28143	-0.98986 (***) 0.34135
Correction de l'hétéroscédasticité		Matrice de White (a)	variance	Ecart-type

Notes: Les Coefficients estimés sont en caractères gras et leurs écart-types figurent en dessous. (***) (**) and (*) signifient respectivement un seuil de significativité de 1, 5 et 10 %.

(a) Coefficients estimant à partir de la matrice de Variance-Covariance de White robuste à l'hétéroscédasticité.

Tableau 2 : Tests de diagnostics des trois modèles log-linéaires estimés

Tests de diagnostics			
Modèles	Modèles Log-Linéaires		
	(1)	(2)	(3)
Données			
Nombre d'observations	45	45	45
Degré de liberté	35	35	35
R² ajusté	0.4356	0.8680	0.6760
F-Stat (p-value)	<.0001	<.0001	<.0001
Test d'hétéroscédasticité de White (Pr > ChiSq)	0.3769	0.3678	0.3759
Test d'hétéroscédasticité de Breusch-Pagan (Pr > ChiSq)	0.0496	0.8904	0.7770
Test de normalité des résidus de Kolmogorov-Smirnov (p-value)	n/a	0.0476	0.0798
Test de normalité des résidus de Shapiro-Wilk (p-value)	0.2752	0.3383	0.5717
Correction de l'hétéroscédasticité	Matrice de White (a)	variance	Ecart-type

(a) Coefficients estimant à partir de la matrice de Variance-Covariance de White robuste à l'hétéroscédasticité.

Le tableau 3 invalide le modèle (1). En effet, ce modèle ne passe pas le test d'hétéroscédasticité de Breusch-Pagan (Ce qui n'est pas étonnant compte-tenu du nombre limité d'observations). L'hypothèse nulle d'homoscédasticité est rejetée au seuil de 5%.

Pour le modèle (2), le test de normalité des résidus de Kolmogorov-Smirnov indique que l'hypothèse nulle de normalité des résidus est rejetée au seuil de 5%.

Les tests de diagnostique des 3 modèles ne sont donc remplis que par le modèle (3). C'est donc ce modèle que nous commentons ci-après car la significativité des estimations des coefficients des deux autres modèles n'est pas fiable.

Tous les coefficients de ces variables sont significatifs au seuil de 5%. Le modèle est explicatif dans son ensemble car la P-value du test du Fisher global est inférieure à 0,0001 et la qualité de l'ajustement est bonne (le R^2 ajusté vaut 0.6760).

Le premier résultat de cette méta-analyse est de montrer que les décharges et les incinérateurs ont bien un impact négatif sur le prix de vente des logements situés à proximité. En moyenne cette perte de valeur des maisons est d'environ 3,86% par mile (pour une installation de traitement des déchets non dangereux). Si l'on prend deux maisons comparables, la seule différence étant que l'une se trouve un mile plus près de l'installation de traitement des déchets, alors la maison la plus éloignée se vendra en moyenne 3,86% plus chère.

Cette méta-analyse nous permet également de mettre en avant un certain nombre de facteurs explicatifs des estimations des PMI.

Nous retrouvons bien le résultat de **Nelson et alii [1997]** et de **Walton et alii [2006]** indiquant une relation positive entre le revenu et l'estimation du coût externe des installations de traitement des déchets. Une augmentation du revenu median de 1000 dollars entraine une hausse du PMI de 2,9%. Une installation de traitement des déchets touche de manière plus importante les personnes ayant revenu plus élevé.

Concernant les variables socio-économiques, le coefficient de la variable *Dist* est bien négatif tandis que celui de *distb* est positif. La mise en évidence de la relation quadratique entre la distance et les estimations des PMI est un résultat important de cette méta-analyse. Précisons que la méta-analyse de **Walton et alii [2006]** ne prend pas en compte cette variable. Le coût externe des sites de gestion des déchets est ressenti de manière moins importante à mesure que l'on habite plus loin de ceux-ci mais cette relation n'est pas linéaire. Le gain à se trouver éloigner d'une décharge ou d'un incinérateur croît donc à taux décroissant. Ce résultat nous incite à penser qu'une spécification linéaire de l'équation de prix hédonique dans les études primaires n'est pas une bonne spécification et qu'il vaut mieux lui préférer une spécification de type log-lin ou log-log.

Les variables méthodologiques indiquent que les estimations dépendent de la forme fonctionnelle retenue pour estimer l'équation de prix hédoniques. En particulier, les modèles

log-lin (*fonctloglin*) et log-log (*fonctloglog*) fournissent des estimations 0,7 et 0,8 fois moins importantes que le modèle linéaire, toutes choses égales par ailleurs.

De plus, le coefficient de la variable *Distmax* est négatif. Ce résultat est logique puisqu'un périmètre plus important pour l'échantillon des maisons sur lequel est réalisée l'étude a plus de chance de comprendre des maisons moins affectées par les nuisances du site étudié.

Enfin, cette méta-analyse montre que l'estimation du coût externe d'un site dépend également de ses caractéristiques propres. En particulier, la variable *Detox* montre que, toutes choses égales par ailleurs, un site accueillant des déchets dangereux a un coût externe 0,8 fois supérieur à un site qui ne traite que des déchets non-dangereux.

Conclusion

Nous avons vu comment la méthode des prix hédoniques appliquée au marché immobilier peut fournir une estimation du coût externe d'une installation de traitement des déchets. Pour l'heure cependant, aucune étude de prix hédoniques n'a été réalisée, à notre connaissance, sur une décharge ou un incinérateur français. En revanche, plusieurs études de ce type ont été effectuées aux Etats-Unis et au Canada.

C'est pourquoi il nous est apparu intéressant de réaliser une méta-analyse de ces études d'évaluation monétaire. En procédant ainsi nous poursuivions trois objectifs. Le premier consistait à savoir si les installations de traitement des déchets avaient un impact négatif sur les prix de vente des logements environnants. Le second cherchait à quantifier cet impact et à mettre en avant un certain nombre de facteurs explicatifs de celui-ci. Le troisième visait à synthétiser dans la mesure du possible l'information déjà disponible, pour favoriser l'émergence future d'études de prix hédoniques du coût externe des sites de gestions des déchets en France.

Au terme de cette analyse, plusieurs enseignements sont à retenir. Le résultat important de la méta-analyse est que les décharges et les incinérateurs ont un impact négatif sur les prix de ventes des logements situés à proximité mais que cet impact n'est pas le même pour toutes les installations de traitement des déchets. Ainsi, une même maison, si elle était située 1,6 km (un mile) plus loin d'une décharge ou d'un incinérateur pour déchets non dangereux (dangereux) serait vendue en moyenne 3,86% (8,4%) plus cher. Nous avons également montré que les estimations du coût externe des installations de traitement des déchets dépendent d'un certain nombre de facteurs d'ordre socio-économiques, méthodologiques et contextuelles. En particulier, le revenu, le périmètre de l'échantillon de maisons sur lequel est réalisée l'étude, la spécification de la forme fonctionnelle de l'équation de prix hédonique et certaines caractéristiques propres au site étudié influent sur les estimations. Cette méta-analyse ne nous a cependant pas permis de vérifier l'influence d'un certain nombre de variables sur les estimations, influences qui semblaient pourtant importantes dans une précédente revue de littérature qualitative.

De manière générale, cette méta-analyse montre le rôle déterminant de certains biais et choix méthodologiques sur les évaluations. Une telle conclusion invite à considérer avec prudence les évaluations monétaires et à inciter au développement, dans un cadre bien défini, d'un plus grand nombre de ces études.

Les auteurs ayant recours aux travaux de recherche comparative présente souvent les méta-analyses comme une alternative plus rigoureuse que les revues de littérature de type narratif. Ces chercheurs font en effet souvent le reproche aux auteurs des revues traditionnelles de la littérature de chercher principalement à montrer des arguments en faveur de l'idée qu'ils défendent en insistant plus particulièrement sur les travaux antérieurs favorables à la thèse retenue. Cet argument nous paraît erroné car rien n'empêche le méta-analyste de ne pas prendre en compte certains résultats de certaines études qui iraient également à l'encontre de ce qu'il cherche à démontrer.

A la suite de cette recherche, les deux types de revue de littérature nous semblent au contraire être complémentaires, chacune ayant des avantages et des limites. La revue de la littérature qualitative permet de présenter l'ensemble des travaux effectués sur un sujet donné. Ce qui, bien souvent, n'est pas le cas des méta-analyses. En revanche, lorsque le nombre d'études à analyser est assez élevé, la méta-analyse permet d'identifier, de tester et de quantifier l'influence de certaines caractéristiques en permettant de réaliser des raisonnements « toutes choses égales par ailleurs ». Cet avantage de la méta-analyse est d'ailleurs la principale limite de la revue de la littérature classique qui ne permet pas de tenir compte de la nature probabiliste des résultats issus des études quantitatives. Il est intéressant de souligner qu'à mesure que le nombre d'études primaires à prendre en compte augmente, le pouvoir explicatif des revues traditionnelles de la littérature diminue tandis que celui des méta-analyses augmente. La détermination d'un nombre critique d'étude en deçà duquel une revue de littérature qualitative suffirait et au delà duquel la réalisation d'une méta-analyse s'imposerait reste difficile à déterminer. Dans le cas de notre méta-analyse, le nombre d'estimation de notre échantillon est suffisamment important pour pouvoir vérifier les propriétés statistiques inhérentes aux modèles économétriques sans toutefois être très élevé. Dans ce cas particulier, on ne sait pas par exemple si la non-significativité statistique de certaines variables traduit réellement l'absence d'influence systématique de ces variables sur les estimations ou si ce résultat n'est pas plutôt dû à un échantillon trop petit ou encore à un problème d'encodage de la variable elle-même.

Nous venons de dire que la recherche du surplus d'information que peut apporter une méta-analyse à une revue traditionnelle de la littérature se justifie lorsque le nombre d'études primaires à analyser est important. Précisons également qu'une revue de littérature qualitative bien détaillée permet d'augmenter le pouvoir explicatif d'une méta-analyse en favorisant l'identification de déterminants potentiels des estimations.

Annexe 1 : Quelques précisions économétriques

L'interprétation des coefficients estimés de l'équation de prix hédoniques diffère selon la spécification de la forme fonctionnelle retenue. En conséquence, le mode de calcul du prix implicite marginal d'une variable environnementale ou, dit autrement, le consentement à payer pour bénéficier d'une amélioration marginale de la qualité de l'environnement dépend de la forme fonctionnelle retenue. Cette annexe ne présente que les formes fonctionnelles rencontrées dans les études d'évaluation monétaire du coût externe des installations de traitement des déchets¹². Nous commençons par expliquer l'incidence des formes linéaire, log-linéaire et log-log sur l'interprétation des coefficients estimés. Nous montrons ainsi que le coût externe des installations de traitement des déchets est estimé dans des unités de mesures différentes selon la forme fonctionnelle retenue. Les estimations des études analysées dans notre méta-analyse ne sont donc pas toujours directement comparables. Nous détaillons pour finir les calculs nécessaires pour exprimer les estimations de ces études dans une unité commune et rendre ainsi les comparaisons des résultats possibles.

1. Les formes fonctionnelles des équations de prix hédoniques rencontrées dans notre méta-analyse

Le modèle linéaire est la forme fonctionnelle la plus simple utilisée dans l'estimation des régressions hédoniques. Il relie le prix de vente P_i (en niveau) de l'habitation i aux J variables explicatives (en niveau) $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{iJ})$.

$$P_i = \sum_{j=1}^J x_{ij} \beta_j + \varepsilon_i \quad (1)$$

Le coefficient β_j associé à chaque variable explicative correspond au prix implicite de cette caractéristique. Une augmentation d'une unité de la caractéristique j entraîne une variation (en termes monétaires) du prix de vente égale au coefficient de cette variable.

Le modèle log-linéaire (appelé aussi modèle semi-log) relie le logarithme du prix de vente aux variables explicatives exprimées en niveau.

¹² Pour plus de détails sur les formes fonctionnelles, en particulier le modèle Box-Cox, voir par exemple Cropper et alii [1988].

$$\ln(P_i) = \sum_{j=1}^J x_{ij} \beta_j + \varepsilon_i \quad (2)$$

Pour une variable x_j continue, un accroissement d'une unité de x_j entraîne un changement de $100\beta_j\%$ du prix de vente.

Enfin, le modèle log-log relie le logarithme du prix de vente aux logarithmes des différentes variables explicatives.

$$\ln(P_i) = \sum_{j=1}^J z_{ij} \gamma_j + \sum_{j=1}^J \ln(x_{ij}) \beta_j + \varepsilon_i \quad (3)$$

Pour les variables continues, le coefficient γ_j d'une variable en logarithme correspond à l'élasticité du prix de vente par rapport à la caractéristique j . Ainsi, un accroissement de 1 % de la caractéristique j correspond à une variation (en pourcentage) du prix de vente égale au coefficient de cette variable ($\beta_j\%$). Les variables dichotomiques figurent toujours dans le modèle sous une forme non transformée.

2. Transformation des prix implicites marginaux

Les études analysées dans notre méta-analyse retiennent la distance (exprimée en miles) séparant chaque maison de la décharge ou de l'incinérateur étudié comme variable environnementale pour déterminer si les propriétaires des logements sont victimes de nuisances. Ces travaux obtiennent alors une estimation du consentement à payer des résidents (le prix implicite marginal) pour se trouver un mile plus loin de l'installation de traitement des déchets. Selon la forme de la fonction de prix hédoniques adoptée dans ces études, les estimations du coût externe des installations de traitement des déchets sont cependant exprimées dans des unités de mesure différentes. Par exemple, lorsque la fonction de prix hédoniques estimée est linéaire, le coefficient estimé de la variable « distance » s'interprète comme *le nombre d'unités monétaires* (des dollars par exemple) que les gens sont prêt à payer en plus pour habiter un mile plus loin de la décharge (si la distance est mesurée en miles). En revanche, s'il s'agit d'un modèle log-linéaire, le coefficient estimé de la variable « distance » s'interprète cette fois comme *le pourcentage de variation par rapport au prix de vente moyen des logements de l'échantillon* que les gens sont prêts à payer en plus pour habiter un mile plus loin de la décharge (si la distance est mesurée en miles).

Les prix marginaux implicites estimés dans les études doivent donc être « transformés » afin d'être exprimés dans une même unité de mesure et permettre ainsi une comparaison des résultats. Le tableau suivant donne les calculs qu'il convient d'effectuer selon que l'on souhaite les exprimer en termes monétaires ou en pourcentage de variation par rapport au prix de vente moyen des logements de l'échantillon.

Tableau 3 : Calcul des prix implicites d'un changement d'une unité dans la caractéristique j sur le prix de l'habitation i pour les différentes formes fonctionnelles¹³.

prix implicite marginal forme fonctionnelle	<i>exprimé en termes monétaires</i>	<i>exprimé en pourcentage de variation par rapport au prix de vente moyen des logements de l'échantillon</i>
<i>modèle linéaire (Équation (1))</i>	$\frac{\partial p_i}{\partial x_{ij}} = \beta_j$	$\frac{\partial p_i}{\partial x_{ij}} = \frac{\beta_j}{P}$
<i>modèle semi-log (Équation (2))</i>	$\frac{\partial p_i}{\partial x_{ij}} = \beta_j P$	$\frac{\partial p_i}{\partial x_{ij}} = \beta_j$
<i>modèle log-log (Équation (3))</i>	$\frac{\partial p_i}{\partial x_{ij}} = \beta_j \frac{P}{x_{ij}}$	$\frac{\partial p_i}{\partial x_{ij}} = \frac{\beta_j}{x_{ij}}$

Lorsque les formules incluent le niveau d'une variable, les prix implicites ont été calculés en utilisant le prix moyen (ou la valeur moyenne de la caractéristique) sur l'échantillon.

¹³ Selon que l'on souhaite les exprimer en termes monétaires ou en pourcentage de variation par rapport au prix de vente moyen des logements de l'échantillon.

Annexe 3 : Description des variables de la Méta-analyse et statistiques descriptives associées

Variabiles	Description	Moyenne	Ecart type
<i>Variable dépendante</i>			
Pmip	Prix marginal implicite exprimé en %	6.3265664	9.6112954
<i>Variabiles socio-économiques</i>			
Rmed	Revenu médian par ménage de la ville où se trouve le site (exprimé en milliers de dollars constants 2002).	49.2949091	15.8865227
Dist	Variation de la qualité environnementale : distance moyenne des maisons par rapport au site (exprimée en miles)	2.3283918	1.4705431
<i>Variabiles contextuelle</i>			
Detox	=1 si le site traite des déchets dangereux, 0 sinon. Information venant des scientifiques.	0.4000000	0.4954337
<i>Variabiles méthodologiques</i>			
fonctloglin	= 1 si la spécification de la forme fonctionnelle est de type log-linéaire, 0 sinon.	0.3333333	0.4767313
Fonctloglog	= 1 si la spécification de la forme fonctionnelle est de type log-log, 0 sinon.	0.2222222	0.4204375
Fonctlin	= 1 si la spécification de la forme fonctionnelle est de type linéaire, 0 sinon.	0.4444444	0.5025189
Distmax	Distance séparant la maison de l'échantillon la plus éloignée du site étudié	5.4397745	4.1393869
Varenv	=1 si l'étude ne prend pas en compte l'existence d'un ou plusieurs autres sites susceptibles d'être également source de nuisances, 0 sinon.	0.4666667	0.5045250
<i>Variabiles non retenues</i>			
Distlim	Distance au delà de laquelle le site n'est plus source de nuisances (exprimée en miles).	3.4757895	1.7279227
Valhab	Valeur moyenne de vente d'une habitation de l'échantillon (exprimée en milliers de dollars constants 2002).	163.5326592	71.0242145
Banl	=1 si le site est dans une zone urbaine, 0 si elle se trouve en zone rurale.	0.6222222	0.4903101
Siteo	= 1 si le site est en activité, 0 sinon	0.7333333	0.4472136
Taille	Taille de l'échantillon sur lequel repose l'étude économétrique.	2147.62	2675.19

Références Bibliographiques

- Behaghel L. [2006], Lire l'économétrie, La découverte, Paris.
- Bouvier R.A., Halstead J.M., Conway K.S., Manalo A.B. [2000], the effect of landfills on rural residential property values: some empirical evidence, *The Journal of Regional Analysis and Policy* 30 (2); 23-37.
- Boyle M.A., Kiel K.A. [2001], "A Survey of House Price Hedonic Studies of the Impact of Environmental Externalities", *Journal of Real Estate Literature* 9(2):117-144.
- Brasington D. M., Hite D. [2005], Demand for environmental quality: a spatial hedonic analysis, Department of Economics Working Paper Series, Louisiana State University.
- Button, K.J. [1995], What can meta-analysis tell us about the implications of transport?, *Regional Studies*, vol. 29, pp. 507-517.
- Carson R.T., Flores N.E., Martin K.M., Wright J.L. [1996], Contingent valuation and revealed preference methodologies: comparing the estimates for quasi-public goods. *Land Economics*, 72(1), 80-99.
- Chèze B., Arnold O. [2005], Les études de monétarisation des externalités associées à la gestion des déchets, Document de travail n° 05 – S03 de la Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale (D4E) du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.
- Cropper M., Deck L., McConnell K. [1988], On the choice of functional form for hedonic price functions, *The Review of Economics and Statistics* 70(4), 668–675.
- Deaton B.J., Hoehn J.P. [2004], Hedonic Analysis of Hazardous Waste Sites in the Presence of Other Urban disamenities, *Environmental Science and Policy* 7(6) pp. 499-508.

DEFRA [2004] Valuation of the external costs and benefits to health and environment of waste management options, Final report for Defra by Enviros Consulting Limited in association with EFTEC.

Dufeigneux J-L (sous la direction de) [2004], “Le service public des déchets ménagers“, Rapport de l’instance d’évaluation au Commissariat Général au Plan.

Eshet T., Ayalon O., Shechter M, [2005], A critical review of economic valuation studies of externalities from incineration and landfilling, *Waste Management and Research*, 23: 487-504

Farber S. [1998], Undesirable facilities and property values: a summary of empirical studies, *Ecological Economics* 24 (1998) 1–14.

Florax R.G.J.M. [2002], Meta-analysis in environmental and natural resource economics: The need for strategy, tools and protocol, Dept. of Spatial Economics, Free University, Amsterdam

Glass G.V. [1976], Primary, secondary, and meta-analysis of research, *Educational Researcher*, vol. 5, pp. 3-8.

Ihlanfeldt K. R., Taylor L. O. [2004], Externality effects of small-scale hazardous waste sites : evidence from urban commercial property markets, *Journal of Environmental Economics and Management* 47(1), 117–139.

Jackson T. O.[2001], The Effects of Environmental Contamination on Real Estate: A Literature Review, *Journal of Real Estate Literature* 9(2) 93-116.

Katzman, M.T. [1987], Multiattribute utility elicitation techniques and public policy: A metaanalysis of empirical applications, *Applications of Management Science*, vol. 5, pp. 237-303.

Kiel K., McClain K. [1995], House Prices During Siting Decision States: The Case Of An Incinerator From Rumor Through Operations, *Journal of Environmental Economics and Management*, 28 (2): 241-255.

Kohlhase J. [1991], The Impact of Toxic Waste Sites on Housing Values, *Journal of Urban Economics* 30 pp. 1-26.

Loomis, J.B., White D.S. [1996], Economic benefits of rare and endangered species: Summary and meta-analysis, *Ecological Economics*, vol. 18, pp. 197-206.

Lim J. S., Missios P. [2003]. Does Size Really Matter? Landfill Scale Impacts on Property Values, Unpublished working paper, Department of Economics, Ryerson University, Toronto.

McCluskey J.J., G.C. Rausser [2003], Stigmatized Asset Value: Is it Temporary or Long-terme?, *The Review of Economics and Statistics*, 85(2): 276–285.

Nelson, J.P. [1980], Airports and property values: A survey of recent evidence, *Journal of transport economics and policy*, vol. 19, pp. 37-52.

Nelson J. P. [2004], Meta-analysis of airport noise and hedonic property values: problems and prospects, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 38 No 1.

Nelson A., Genereux J., Genereux M. [1992], Price effects of landfills on house values, *Land Economics*, 68 (4) pp. 359-365.

Nelson A., Genereux J., Genereux M. M. [1997], Price Effects of Landfills on Different House Value Strata, *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 123, No. 3 (Sept) pp. 59-67.

Ready R.C. [2005], Do Landfills Always Depress Nearby Property Values?, *Rural Development Paper No. 27*.

Reichert A. K. [1997], Impact of a Toxic Waste Superfund Site on Property Values, *The Appraisal Journal*, 65 (4) pp. 381-392.

Reichert, A. K., Small M., Mohanty S., [1992], "The Impacts of Landfills on Residential Property Values", *The Journal of Real Estate Research*, Vol. 7 (3) pp. 297-314.

Schwartz, J. [1994], Air pollution and daily mortality: A review and a meta-analysis, *Environmental Economics*, vol. 64, pp. 36-52.

Skaburskis A. [1989], Impact Attenuation in Nonconflict Situations: The Price Effects of a Nuisance Landfill, *Environment and Planning A*. 21: 375-383.

Smith, V.K. & Huang, J.C. [1993]. Hedonic models and air pollution: twenty-five years and counting. *Environmental and Resource Economics*, 3, 381-394.

Smith V. Kerry, Huang J.-C. [1995], Can Markets Value Air Quality? A Meta-Analysis of Hedonic Property Value Models, *Journal of Political Economy* 103:209-227.

Smith, V. K., Pattanayak S. K. [2002], Is Meta-Analysis a Noah's Ark for Non-Market Valuation?, *Environmental and Resource Economics*, 22: 271-296.

Smolen G.E., Moore G., Conway L.V. [1992], Economic Effects of Hazardous Chemical and Proposed Radioactive Waste Landfills on Surrounding Real Estate Values, *The Journal of Real Estate Research*. 7 (3) pp. 283-295.

Thayer, M., Albers H., Rahmatian M. [1992], "The Benefits of Reducing Exposure to Waste Disposal Sites: A Hedonic Housing Value Approach," *The Journal of Real Estate Research*, 7(3) pp. 265-282.