

82



Une évaluation objective des nuisances subjectives de l'aéroport de Bruxelles-National

Thierry Bréchet, Alexis Gérard, Giordano Mion

Février 2009

ENVIRONMENTAL ECONOMICS & MANAGEMENT MEMORANDUM



UCL
Université
catholique
de Louvain

Chair Lhoist Berghmans
in Environmental Economics
and Management

Center for Operations Research
and Econometrics (CORE)

Une évaluation objective des nuisances subjectives de l'aéroport de Bruxelles-National

Dans ce numéro de Regards économiques, nous proposons une évaluation quantitative des nuisances sonores provoquées par l'aéroport de Bruxelles-National. À la différence des mesures physiques, nous nous intéressons à la nuisance telle qu'elle est perçue par les riverains. Nous montrons que le coût global lié au bruit est relativement faible, mais qu'il est réparti de manière très inégalitaire entre les différentes zones de bruit.

Thierry Bréchet

Alexis Gérard

Giordano Mion

L'aéroport de Bruxelles-National est le plus grand aéroport de Belgique avec une superficie de 1.245 hectares et 3 pistes formant un "Z". Il a accueilli plus de 264.000 vols et 18 millions de passagers en 2005.¹ Situé à une dizaine de kilomètres du centre de Bruxelles, il est entouré de zones densément peuplées. Les vents dominants venant de l'ouest, une majeure partie des décollages se fait en outre en direction de la capitale.²

Depuis la création du Service de Médiation pour l'Aéroport de Bruxelles-National, en 2002, le nombre de plaintes pour nuisance sonore n'a fait qu'augmenter jusqu'à atteindre, en cumulé, 746.900. Rien qu'en 2005, pas moins de 223.000 plaintes ont été introduites auprès de ce service, soit environ 600 plaintes quotidiennement.³ Les autorités en charge de cette question ont fait montre de moult difficultés pour régler ces conflits. Au point que les nuisances sonores sont devenues une véritable question politique à l'échelon du pays. Il en a résulté des solutions variées, voire contradictoires. L'Histoire retiendra que plusieurs ministres en charge de la question ont associé leur nom à des routes.

L'aéroport de Bruxelles-National a clôturé l'année 2005 sur un bénéfice (avant déduction des investissements, intérêts et taxes) de 161 millions d'euros, en hausse de 18 % par rapport à 2004, selon un communiqué de BIAC, la société gestionnaire de l'aéroport (Brussels Airport Company). Le chiffre d'affaires a atteint 324 millions d'euros, en hausse de 7 % par rapport à 2004. L'aéroport fournit de l'emploi à quelque 20.000 personnes.⁴

¹ Source : http://www.brusselsairport.be/fr/102547/273616/BRUTRENDS_06.pdf

² Il a été démontré qu'une piste 27 (orientée à 270°) aurait permis d'épargner de nombreux individus, par rapport au choix de la piste 25R (orientée à 250°).

³ Les chiffres du nombre de plaintes liées au bruit du passage des avions sont disponibles sur le site du service de médiation pour l'aéroport de Bruxelles national : www.airportmediation.be.

⁴ www.bruairlibre.be/article.php3?id_article=1256&var_recherche=benefice+BIAC

Entre une contestation sociale apparemment virulente et un pouvoir politique visiblement tétanisé par la question, force est de reconnaître qu'une analyse objective de la question manque. L'objectif de cette étude est de fournir une évaluation objective des nuisances sonores telles qu'elles sont ressenties par les riverains. Cette nuisance sonore est-elle si importante que cela ? Justifie-t-elle les 223.000 plaintes déposées en 2005 ? Comment cette nuisance est-elle répartie entre les différentes zones de bruit ? Que représente cette nuisance par rapport aux bénéfices que l'aéroport apporte à la collectivité ?

Pour répondre à ces différentes questions, nous avons appliqué la méthode des prix hédoniques. Cette méthode permet d'identifier la valeur attachée à la nuisance sonore par l'observation du comportement des individus lors de l'achat de maisons. Si l'on part de l'hypothèse que les individus n'aiment pas la nuisance sonore, ils ne vont consentir à l'achat d'une maison soumise à une telle nuisance que si son prix est réduit, et ce au moins de la valeur qu'ils attachent au silence. La méthode des prix hédoniques permet donc d'associer une grandeur monétaire à la nuisance sonore telle que perçue par les individus. En cela, cette méthode fournit une évaluation objective de la nuisance subjective.

Ce numéro de *Regards Economiques* est structuré de la manière suivante. La méthode utilisée et la base de données sont exposées brièvement dans les deux premières sections. Dans la section 3, les résultats de l'analyse économétriques sont présentés. L'interprétation de ces résultats est ensuite menée de manière plus approfondie dans la section 4.

1. La méthode des prix hédoniques, un aperçu

L'évaluation des coûts inhérents à une pollution environnementale, par exemple les nuisances sonores, se heurte au fait qu'il n'existe généralement pas de lieu de rencontre entre les individus qui provoquent la nuisance et ceux qui la subissent. Impossible, pour les uns comme pour les autres, d'exprimer et de confronter leurs aspirations. Face à cette caractéristique, les économistes ont élaboré différentes méthodes permettant de révéler l'ampleur des nuisances. Pour notre problème de bruit, la méthode des prix hédoniques est la plus indiquée.⁵ Son principe est très simple : elle consiste à choisir un marché de substitution, le marché immobilier, pour révéler l'importance qu'attachent les individus au calme.

Chaque maison peut se définir par un ensemble de caractéristiques qui lui sont propres. Ces caractéristiques sont liées à la bâtisse elle-même (sa superficie habitable, le nombre de pièces, la présence d'un jardin...) et à sa localisation (proximité d'espaces verts, d'écoles, de commerces...). C'est l'ensemble de ces attributs qui va déterminer le prix de cette maison sur le marché immobilier. La méthode des prix hédoniques se base sur cette hypothèse, somme toute triviale. Son avantage, c'est qu'elle parvient, à l'aide de méthodes économétriques, à distinguer la contribution de chacun de ces attributs dans le prix de la maison. Ainsi, elle permet d'isoler les attributs relatifs à, par exemple, l'exposition au bruit.

Il est évident que personne n'apprécie le bruit des avions.⁶ L'économiste dira que chacun a une certaine préférence pour la tranquillité. Une maison soumise à un niveau de bruit élevé se vendra donc à un prix inférieur à la même maison située dans une zone plus calme. Si un individu accepte une maison bruyante, c'est qu'il y trouve son compte par ailleurs, par exemple parce que la maison a d'autres

⁵ Une autre méthode serait également adaptée, celle dite "de l'évaluation contingente". Elle procède par enquête auprès des riverains.

⁶ Il est évident... ? Il peut exister des gens pour lesquels la vue ou l'audition quotidienne d'avions procure du plaisir, mais l'on supposera qu'ils ne représentent qu'une fraction réduite de la population. Il en va de même pour les personnes malentendantes.

... La méthode des prix hédoniques, un aperçu

caractéristiques qui lui importent beaucoup, ou parce qu'elle est moins chère. L'observation de cette différence de prix fournira une indication du poids attaché à l'attribut 'bruit' dans le chef de l'individu. Ce poids pourra être exprimé en euros, puisque la maison a été achetée dans cette unité.

La méthode des prix hédoniques se nourrit donc de l'observation des achats et ventes sur le marché immobilier. En cela, elle révèle les préférences des individus par l'entremise de leur comportement d'achat et de vente de maison. Elle constitue donc une *méthode objective* de révélation des *préférences subjectives* des individus.

2. Description de la base de données

Afin de réaliser cette étude, une base de données originale a été constituée. Cette base de données doit associer à chaque maison son prix de vente, ses caractéristiques intrinsèques, des caractéristiques liées à sa localisation, et son exposition au bruit. Autant dire que plusieurs sources doivent être combinées pour pouvoir constituer une telle base de données.⁷

En premier lieu, les prix de vente et caractéristiques des maisons nous ont été fournis par l'Office des Notaires de Belgique. Sont reprises les ventes de gré à gré et les ventes publiques de maisons unifamiliales situées dans différentes communes des arrondissements de Bruxelles, Hal-Vilvorde et Louvain, et ce sur six années (de 2000 à 2005), soit un total de 1965 observations. Outre le prix de vente, sont disponibles la contenance⁸, le nombre de chambres, l'année de transaction et l'adresse. Ces deux derniers attributs nous permettent de tenir compte des cycles immobiliers et de situer géographiquement chaque maison pour introduire ses attributs de proximité.

Les attributs liés à la localisation proviennent de l'Institut National des statistiques (INS). Ils concernent : (i) attributs socio-économiques (densité de la population, revenu, population non active, etc.), (ii) indices de satisfaction (satisfaction quant à la présence d'espaces verts, d'écoles, de commerces, etc.), (iii) nuisance sonore et distances par rapport à l'aéroport et à Bruxelles. Les deux premières catégories sont données au niveau du secteur statistique, entité administrative la plus petite en Belgique (il existe par exemple plus de 700 secteurs statistiques dans la région bruxelloise).

L'interprétation de l'effet de la plupart de ces attributs sur le prix des maisons ne prête guère à discussion. Par contre, les effets possibles des caractéristiques socio-économiques (issues de l'enquête socio-économique en 2001 par l'INS) sont *a priori* plus ambigus, notamment :

- une densité de population élevée peut être synonyme de rareté de l'espace disponible pour de nouveaux arrivants, ce qui implique une hausse des prix, mais d'un autre côté cette densité forte peut faire apparaître des effets négatifs tels que congestion du trafic, diminution du confort, files dans les commerces;
- on pourrait s'attendre à ce que la proportion d'étrangers européens ait un effet positif sur les prix, tandis que la portion d'étrangers non-européens (composée de tous les autres pays représentés) ait un effet négatif;
- enfin, l'effet de la proportion de population non active est *a priori* indéterminé. En effet, sont concernées tant des personnes dont la présence dans un secteur sta-

⁷ La première mouture de cette base de données a été constituée par Alexis Gérard dans le cadre de son mémoire de master en science économique à l'UCL.

⁸ Par contenance, l'on entend le terrain sur lequel la maison a été construite, c'est-à-dire la grandeur de la propriété au sol.

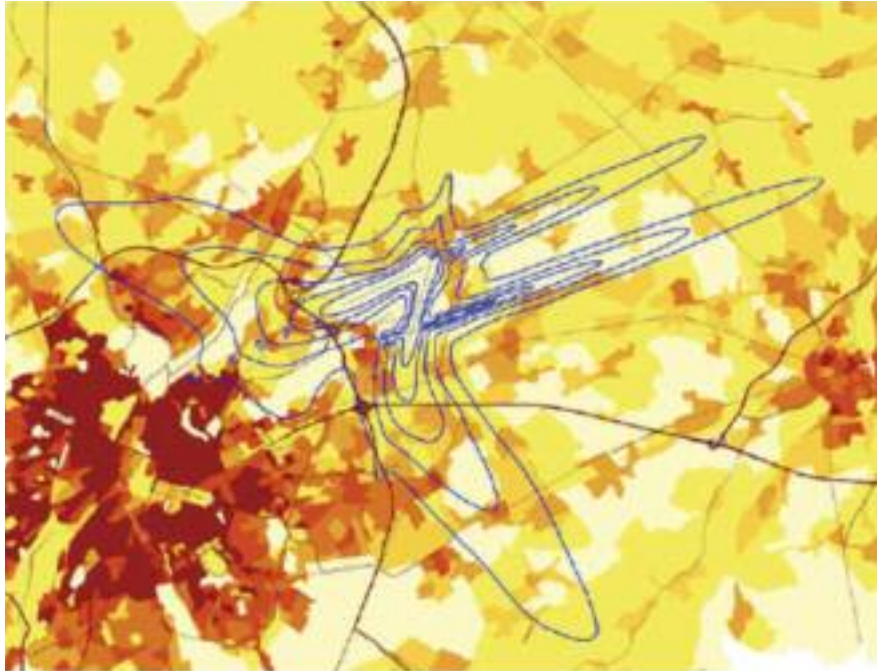
... Description de la base de données

tistique peut avoir un effet positif sur les prix de ventes ((pré)pensionnés), que négatif (personnes n'ayant pas d'emploi et n'en cherchant pas).

Notre base de données exploite également les indices de satisfaction fournis par l'enquête socio-économique réalisée par l'INS en 2001. Ceux-ci sont calculés sur base du solde du pourcentage de réponses positives et négatives, auquel on ajoute 100. Une valeur supérieure (*resp.* inférieure) à 100, signifie qu'il y a plus (*resp.* moins) de personnes satisfaites qu'insatisfaites. Plus la valeur de l'indice est élevée, plus la satisfaction des individus est importante.

Enfin, la mesure de l'exposition à la nuisance sonore. C'est une mesure complexe, et plusieurs indices sont proposés dans la littérature. L'indice acoustique que nous utilisons est le *Day-Night Level* (DNL). Cet indice correspond au niveau de bruit équivalent pondéré auquel on attribue un facteur de pondération (un facteur 10) pour les vols de nuit.⁹ Autrement dit, un mouvement nocturne est considéré comme dix fois plus gênant qu'un mouvement diurne. En recoupant les informations tirées du réseau de sonomètres implantés sur le terrain avec celles concernant les mouvements aériens (horaires, fréquences, types d'avions, etc.), il est possible de tracer des *contours de bruit*. Il s'agit de *lignes* sur lesquelles le niveau de bruit est le même (courbes iso-bruit). La figure 1 présente ces courbes d'iso-bruit pour l'année 2000 autour de l'aéroport de Zaventem, exprimées en DNL. On peut y voir cinq contours de bruit, le plus éloigné de l'aéroport correspondant à celui pour lequel le niveau de bruit est le plus faible (55 dB(A)), ce niveau de bruit augmentant de 5 dB(A) par contour à mesure que l'on s'approche de l'aéroport. Le contour le plus proche de l'aéroport équivaut donc à un niveau de bruit de 75 dB(A).

Figure 1. Contours de bruit pour l'année 2000 autour de Zaventem (DNL)



⁹ Le niveau de bruit équivalent pondéré LAeq,T est le niveau de bruit du son constant qui contient la même énergie acoustique constatée par seconde pendant la période T. L'unité exprimant le niveau de bruit équivalent pondéré A est le dB(A).

Le tableau 1 présente l'ensemble des caractéristiques reprises dans notre base de données, ainsi que leur valeur moyenne et l'effet attendu sur le prix des maisons.

Tableau 1. Description des variables

	Description	Valeur moyenne	Effet attendu sur le prix
Variable à expliquer			
Prix	Prix de vente (euros)	194.583	
Variables explicatives			
<i>Caractéristiques des maisons</i>			
Contenance	Grandeur du terrain (m ²)	307	+
Chambres	Nombre de chambres	3	+
Année	Année de vente	2002	+/-
<i>Attributs socio-économiques</i>			
Densité	Hab/km ² en 2001	6.484	+/-
Etrangers1	% étrangers européens	0,112	+
Etrangers2	% étrangers non européens	0,048	-
Non actifs	% individus sans activité	0,504	+/-
Revenu moyen	Revenu annuel moyen (€)	28.851	+
Revenu médian	Revenu annuel médian (€)	21.306	+
<i>Indices de satisfaction</i>			
Vert	Présence d'espaces verts	116	+
Logement	État global du logement	173	+
Air	Qualité de l'air	95	+
Tranquillité	Niveau de calme	87	+
Environnement	Qualité de l'environnement	107	+
Transport	Transports en communs	116	+
Ecoles	Écoles et services sociaux	118	+
Crèches	Crèches et maternelles	98	+
Facilités	Facilités en général	104	+
Culture	Possibilités culturelles	89	+
<i>Nuisance sonore</i>	Niveau de bruit (dB(A))	55	-
<i>Distances</i>			
Distance_A	Distance à l'aéroport (m.)	12.241	+/-
Distance_B	Distance à Bruxelles (m.)	11.627	-

Une *zone de bruit* est définie comme la zone comprise entre deux contours de bruit. À l'intérieur de chaque zone de bruit, il est possible de localiser chaque maison grâce à son adresse. À chaque maison est donc associé un niveau d'exposition au bruit. D'autres attributs peuvent également jouer dans la fixation du prix de la maison. Nous avons considéré les distances séparant la maison de l'aéroport et du centre de Bruxelles. Indépendamment du bruit, la proximité d'un aéroport est source d'externalités positives (développement des transports publics, de centre de commerce et d'emploi, etc.), mais aussi négatives (congestion du trafic routier, dégradation du paysage, pollution atmosphérique, etc.), et son effet sur le prix des maisons est a priori ambigu. Il existe diverses manières d'inclure cette dimension dans le modèle (voir par exemple Cohen et Coughlin, 2006). Nous avons retenu la plus courte distance, par la route, entre chaque maison et le terminal principal de l'aéroport de Zaventem et la Gare Centrale de Bruxelles.

3. Résultats de l'analyse économétrique

Considérant la base de données présentée ci-dessus, il est possible, à l'aide de techniques économétriques, de déterminer le poids de chacun de ces attributs dans la détermination du prix des maisons. L'économétrie est une technique statistique qui permet d'associer une valeur à des paramètres théoriques sur base des données observées dans la réalité.¹⁰ Ces paramètres représentent ici l'influence de chaque attribut dans le prix des maisons. De ce fait, l'économétrie permet de révéler les préférences des individus telles qu'elles s'expriment lors de l'achat ou de la vente d'une maison. C'est en ce sens que l'on peut parler d'une évaluation objective des préférences subjectives.

Le tableau 2 présente les résultats de l'estimation économétrique.¹¹

Tableau 2. Valeurs estimées des déterminants du prix des maisons

Variable	Valeur du coefficient
<i>Caractéristiques des maisons</i>	
Contenance (log)	0,263***
Nombre de chambres	0,126***
Année_2001	0,105***
Année_2002	0,156***
Année_2003	0,302***
Année_2004	0,400***
Année_2005	0,547***
vente_publicue	-0,08030***
<i>Attributs socio-économiques</i>	
Densité (log étrangers]	0,039***
revenu médian	1,012***
	0,000017***
<i>Indices de satisfaction</i>	
verts	0,002***
logement	-0,003**
écoles	-0,005***
crèches	0,002***
facilités	0,004***
culture	0,001**
<i>Nuisance sonore</i>	
bruit[55-60]	-0,057***
bruit[60-65]	-0,083***
bruit[65-70]	-0,104***
bruit[70-75]	-0,306***
<i>Distances</i>	
distance_aéroport	9,43E-06***
distance_Bruxelles	-0,000011***

Note : *** et ** indiquent que le coefficient est statistiquement significatif aux seuils de 1 et 5 %, respectivement. Cela signifie qu'on ne peut pas rejeter l'hypothèse que le véritable effet soit différent de zéro (avec 1 et 5 % de chances de se tromper respectivement).

¹⁰ Le lecteur intéressé par les questions méthodologiques de nos estimations économétriques peut se reporter à une version technique de cette étude : Bréchet, Gérard et Mion (2009).

¹¹ Un modèle continu a également été estimé. Les différentes zones de bruit ne sont alors plus distinguées. Dans ce cas, nous obtenons que chaque décibel supplémentaire induit une baisse du prix de la maison de 0,95 %. Voir Bréchet, Gérard et Mion (2008) pour les résultats complets.

... Résultats de l'analyse économétrique

La qualité de l'ajustement statistique est tout à fait correcte; elle est conforme à ce qui est obtenu dans la littérature pour ce type d'analyse. Le coefficient de corrélation (R^2 ajusté) indique la part de la variance de la variable dépendante (le prix des maisons) qui est expliquée par la régression. Plus ce coefficient est proche de 1, meilleure est l'estimation économétrique. Nous obtenons ici une valeur de 0,68, ce qui signifie que les attributs que nous avons considérés expliquent 68 % du prix observé.¹² Ceci nous permet de passer à l'analyse des résultats attribut par attribut.

Pour les attributs physiques associés au logement, l'estimation économétrique confirme les intuitions posées *a priori*. Contenance et nombre de chambres influencent positivement le prix de la maison. Par exemple, une chambre supplémentaire se traduit par une hausse du prix de 12,6 % (tous les autres attributs restant les mêmes). L'année de transaction a un effet sur le prix : elle montre la hausse de prix tendancielle qu'a connu le marché immobilier ces dernières années. La même maison (c'est-à-dire une maison possédant exactement les mêmes attributs) a ainsi vu son prix augmenter au cours de la période considérée dans notre base de données.

Les variables socio-économiques considérées sont au nombre de trois et leur effet sur le prix des maisons est le suivant :

- la densité de population a un effet positif, un pourcent supplémentaire entraînant une hausse du prix de 0,04 %;
- la proportion d'étrangers européens a un effet positif : sont repris dans cette catégorie les ressortissants de l'Union européenne, majoritaires dans certaines zones de Bruxelles et qui ont tendance à s'installer dans des quartiers proches du quartier européen, souvent parmi les plus chers;
- le revenu médian a également un impact positif, les communes les plus chères étant aussi celles où les revenus sont les plus élevés.

Six indices de satisfaction sont repris dans notre estimation économétrique et participent à l'explication des prix des maisons. Pour certains, là où l'on pouvait s'attendre à un effet positif, il se révèle négatif. C'est le cas pour l'état du logement et la proximité à des écoles primaires : même si l'influence est très faible, elle est négative et statistiquement significative. Ecoles primaires et services sociaux pour jeunes peuvent être synonymes de nuisances locales (bruit, trafic), ce qui explique ce résultat. Pour les quatre autres attributs de ce type (facilités, environnement, culture, espaces verts), l'estimation économétrique confirme les effets attendus.

Une variable dite «muette» permet de distinguer les transactions opérées lors des ventes publiques de celles opérées de gré à gré. Sur base de notre échantillon, les premières sont sujettes à une décote de l'ordre de 8 %.¹³

La distance vis-à-vis de Bruxelles ou de l'aéroport exerce un effet qui est statistiquement significatif, mais d'une ampleur extrêmement faible. S'éloigner de l'aéroport augmente le prix des maisons (+0,0093 % par km) tandis que s'éloigner de Bruxelles les réduit (-0,011 % par km).

Ceci nous amène naturellement à l'attribut qui nous intéresse tout particulièrement, l'exposition au bruit. L'impact du bruit dans les quatre zones de bruit considérées est statistiquement significatif. Cet impact est toujours négatif. L'interprétation de ce coefficient nécessite toutefois une petite manipulation

¹² Une autre manière d'interpréter ce coefficient est de dire que, naturellement, d'autres éléments que ceux retenus dans l'équation interviennent dans la détermination du prix des maisons. Néanmoins, ces autres éléments ne contribuent à expliquer ce prix qu'à hauteur de 32 %.

¹³ Ce résultat n'est pas généralisable à l'ensemble des maisons : nous ne considérons qu'un échantillon qui n'est pas censé être représentatif de l'ensemble des maisons du Royaume.

... Résultats de l'analyse économétrique

mathématique compte tenu de l'unité dans laquelle les variables sont exprimées dans l'estimation économétrique.¹⁴ L'impact spécifique de chaque zone d'exposition au bruit sur le prix des maisons est donné dans le tableau 3. On observe que l'impact est croissant avec le niveau de bruit. Plus l'exposition au bruit est importante, plus forte est la décote. Pour les différentes zones de bruit (voir le tableau 3) l'on passe ainsi d'une décote (par rapport à la zone sans nuisance) de, respectivement, -5,5 % (zone 2) à -7,9 % (zone 3), -9,9 % (zone 4), et -26,4 % (zone 5). Il est important de retenir que ces chiffres expriment les différences de prix en pourcentage par rapport à la zone de référence, en moyenne sur les six années considérées, tous les autres attributs de la maison étant identiques. Ils définissent donc bien l'effet spécifique du bruit.

A partir des impacts effectifs, nous pouvons calculer un taux de dépréciation du prix de vente par unité de bruit supplémentaire (appelé *NDI* pour *Noise Depreciation Index*). Pour cela, il suffit de diviser ces pourcentages par la différence de nuisance sonore pour chacune des zones par rapport à la zone de référence. Il ressort ainsi que les *NDI* sont décroissants dans les trois premières zones du fait que l'impact réel n'augmente que très peu, et il est à nouveau plus fort pour la zone de bruit 5.¹⁵

Tableau 3. Effet de l'exposition au bruit sur le prix des maisons

Niveau de bruit (dB(A))	Valeur des coefficients	Impact effectif
Zone 2 : 55-60	-0,057	-0,055
Zone 3 : 60-65	-0,083	-0,079
Zone 4 : 65-70	-0,104	-0,099
Zone 5 : 70-75	-0,306	-0,264

4. La nuisance sonore : un 'mal' inégalement réparti

Les résultats de cette estimation économétrique permettent de mieux connaître la nuisance sonore autour de l'aéroport, d'en quantifier l'impact sur la qualité de vie et d'analyser la manière dont ces impacts sont répartis entre les zones. De surcroît, pour la gestion de ce type de problème la théorie économique suggère deux angles d'analyses (qui ne sont pas indépendants) : l'analyse des coûts et bénéfices pour l'ensemble de la collectivité, et l'analyse des impacts respectifs entre les différents individus. L'un n'est pas nécessairement séparable de l'autre. Dans cette dernière section nous allons montrer en quoi notre étude économétrique permet de contribuer à une meilleure analyse de ces deux questions.

Un premier élément qu'il est possible d'analyser est la contribution des nuisances sonores dans la décote des maisons. La figure 2 isole l'effet de la nuisance sonore dans le prix moyen des maisons dans les différentes zones de bruit. Les prix moyen de chaque zone ainsi que les différences de ces prix par rapport à la zone 1 (exposition inférieure à 55 dB) sont repris en pourcentage. La contribution du bruit dans l'explication de ces différences est donnée en faisant le rapport entre les décotes dues au bruit et les différences de prix moyen en pourcentage. Deux éléments ressortent de cette figure. En premier lieu, d'une zone à l'autre, la décote des maisons est relativement linéaire, et elle atteint des valeurs importantes pour la zone la plus exposée au bruit (-17 % pour la zone 55-60 dB, -45 % pour la zone 70-75dB). En second lieu, la contribution de l'exposition au bruit reste

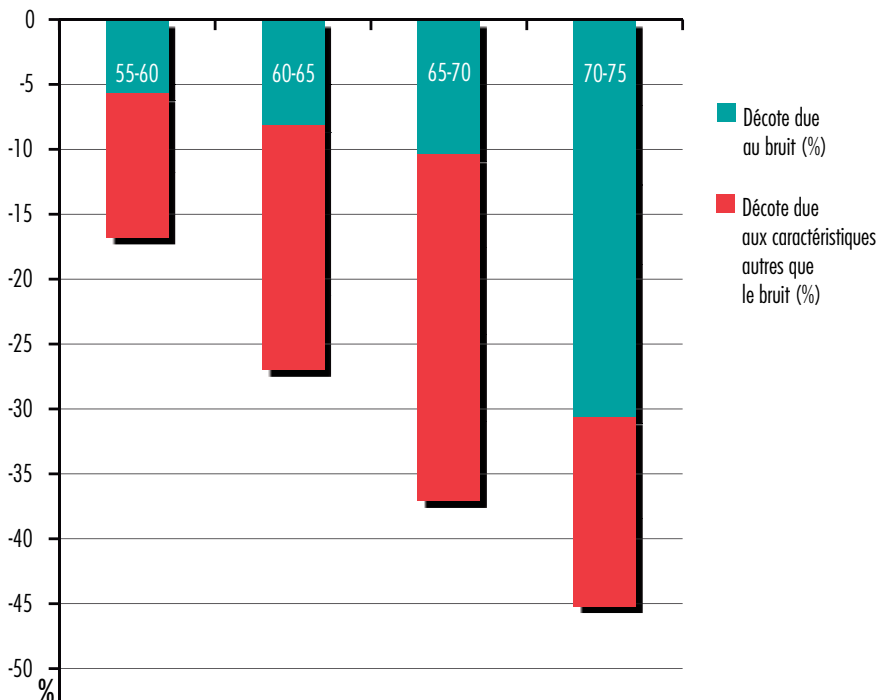
¹⁴ Voir Bréchet, Gérard et Mion (2009) pour les étapes techniques entre le tableau 3 et le tableau 4.

¹⁵ A noter que les différences entre zones sont statistiquement significatives.



confinée entre -6 % et -10 % pour les trois premières zones, autrement dit une contribution qui reste faible. Par contre, cette contribution devient prépondérante dans la zone 70-75 dB : le bruit explique alors les deux tiers de la décote.

Figure 2. Décote due au bruit et différence de prix moyen par zone de bruit



A partir de ces résultats, il est possible de d'exprimer en termes monétaires la perte de bien-être telle qu'elle est subie par les riverains. En effet, la décote des maisons qui est due au bruit fournit une mesure de cette perte de bien-être. Sans cette décote, les ménages n'accepteraient pas d'acheter cette maison. Ce raisonnement n'est évidemment applicable qu'à condition que les acheteurs sachent exactement quelle est l'exposition au bruit de la maison qu'ils vont acheter. Ceci suppose que les routes empruntées par les avions ne sont pas modifiées sans arrêt.¹⁶

Pour cela, nous divisons chaque différence de prix moyen par la durée moyenne de résidence d'un ménage (supposée être de 20 ans) et multiplions ce chiffre par la contribution du bruit dans la différence de prix moyen. Nous obtenons alors l'annuité par maison, puisque les coefficients du bruit se rapportent aux maisons, et non aux individus. Pour calculer ensuite l'annuité par habitant, il suffit de diviser l'annuité par maison par le nombre moyen d'individus qui composent une famille en Belgique (2,6). En multipliant cette annuité par habitant par le nombre d'individus par zone de bruit¹⁷, nous obtenons le coût social total pour l'année considérée.

La figure 3 représente les pertes de bien-être par habitant et par zone de bruit, en tenant compte de la population exposée en 2005. Elle combine le nombre d'habitant pour chaque zone (sur l'axe horizontal) avec la perte de bien-être individuelle exprimée en euros (sur l'axe vertical). Deux principaux messages en ressortent. Premièrement, par rapport à la zone 70-75 dB, la perte de bien-être individuelle est trois fois moins importante dans la zone 60-65 dB, et six fois moins impor-

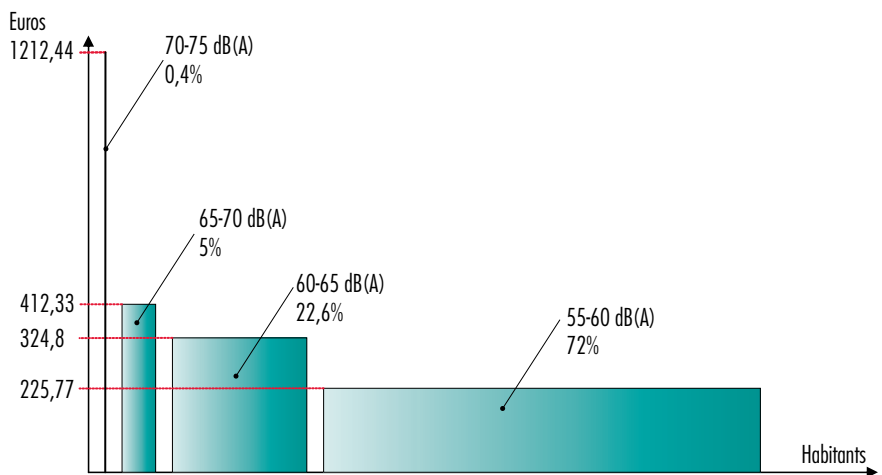
¹⁶ Nous reviendrons sur ce point en conclusion.

¹⁷ Ces chiffres sont consultables sur le site internet de l'aéroport de Zaventem (URL : www.brusselsairport.be).

... La nuisance sonore : un 'mal' inégalement réparti

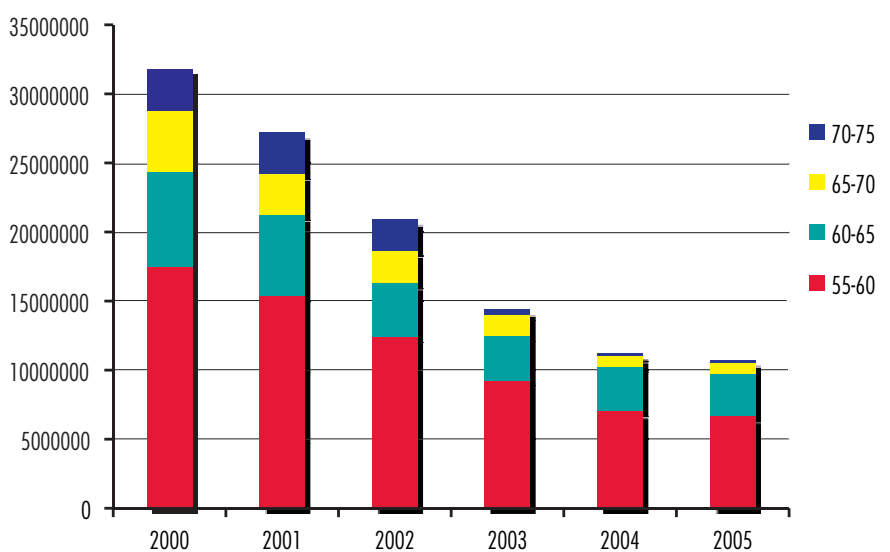
tante dans la zone 55-60 dB. Autant dire que l'exposition au bruit est très concentrée. Deuxièmement, lorsque l'on couple ce résultat avec le nombre de personnes incommodées, il ressort que la grande majorité des personnes vivent dans la zone 55-60dB. Même si celles-ci subissent une nuisance très réduite par rapport aux personnes vivant dans la zone 70-75dB, elles constituent la majeure partie de la population concernée. Au total, cette zone 55-60dB représente donc 72 % du coût social associé au bruit de l'aéroport tandis que la zone 70-75 dB, la plus exposée mais la moins peuplée, ne représente que 0,4 % de ce coût.

Figure 3. Exposition au bruit, population et coût social en 2005



Enfin, il est possible de regarder la manière dont cette nuisance totale a évolué au cours des six dernières années, ce que montre la figure 4.¹⁸ Il apparaît clairement que la nuisance totale a été fortement réduite puisqu'elle est passée de 32 millions en 2000 à 10 millions en 2005. La population étant constante dans ce calcul, cette amélioration est exclusivement imputable à la modification des contours de bruit sur cette période. En particulier, la nuisance a été très fortement réduite dans la zone la plus bruyante.

Figure 4. Évolution du coût social entre 2000 et 2005, par zone de bruit (en euros)



¹⁸ A noter que nous gardons la population constante sur ces 5 années.

... La nuisance sonore : un 'mal' inégalement réparti

En 2005, le coût global associé aux nuisances sonores de l'aéroport pour la collectivité représentait donc quelque 10 millions d'euros. Pour se faire une idée de ce que représente ce coût, on peut le comparer à quelques ordres de grandeurs. Le chiffre d'affaire de l'aéroport s'élevait la même année à 324 millions, son bénéfice à 161 millions. L'aéroport fournit de l'emploi à quelque 20.000 personnes.¹⁹ Le coût social associé aux nuisances sonores semble donc modéré par rapport aux avantages générés par l'aéroport pour la collectivité. Par contre, il est frappant de constater à quel point ce coût est réparti de manière inégalitaire : assez peu de gens subissent une nuisance très forte, tandis qu'un nombre beaucoup plus grand subit une nuisance plutôt faible. Il serait intéressant de rapprocher ce résultat des zones d'origine des plaintes.

Ce résultat suggère que, s'il fallait compenser chaque riverain pour la nuisance subie, cela ne coûterait que 0,55 euros par passager. Si la compensation ne concernait que les ménages les plus exposés, disons les zones 60-75dB, alors la compensation ne coûterait que 0,15 euros par passager. La question de la compensation soulève toutefois de nombreuses difficultés et les aborder dépasse largement le cadre de cet article. Gardons toutefois en tête que si la décote de la maison reflète la nuisance, alors les riverains sont déjà compensés. Mais si les routes changent après l'achat de la maison, alors le prix auquel elle a été payée n'incorpore pas cette compensation, et le riverain devrait être compensé pour la nuisance.

Conclusion

L'objectif de cette étude est de contribuer à objectiver le débat sur les nuisances sonores autour de l'aéroport de Bruxelles-National. Pour cela, nous avons réalisé une étude économétrique. La méthode repose sur l'hypothèse que l'ampleur de la nuisance sonore se reflète, toutes autres choses égales par ailleurs, dans le prix des habitations tel qu'il est observé sur le marché immobilier. Pour accepter la nuisance sonore, il faut que le ménage soit compensé par un coût de logement plus faible. Bien entendu, la méthode tient également compte des autres facteurs susceptibles d'influencer le prix des habitations (attributs du logements, localisation, cycle immobilier, etc.). L'intérêt de cette approche est qu'elle fournit une évaluation objective de la nuisance telle qu'elle est subie par les riverains. Elle diffère donc fondamentalement des méthodes basées sur une mesure physique de la pression acoustique, lesquelles ne disent rien sur la perception qu'ont les individus de cette nuisance.

L'étude permet d'évaluer que chaque décibel supplémentaire provoque une décote du prix des maisons de 0,8 % en moyenne. Ceci signifie que la perte de bien-être est équivalente à environ 100 euros par mois pour chaque décibel supplémentaire.

Les principaux résultats de notre étude sont les suivants :

- dans les contours de bruit 55-60 dB(A), 60-65 dB(A) et 65-70 dB(A), la nuisance sonore est bien réelle, mais elle n'explique qu'entre un tiers et un quart de la décote subie par les maisons : le facteur prédominant reste l'éloignement de Bruxelles et des facilités qui y sont associées; par contre, dans la zone 70-75 dB(A), le bruit explique à lui seul les trois-quarts de la décote : c'est de loin le principal facteur de désagrément. La nuisance est donc fortement concentrée du point de vue spatial;
- le dommage associé au bruit est très inégalement réparti entre les zones de bruit. Les ménages résidant dans la zone 70-75 dB(A) subissent un dommage six fois

¹⁹ Source : http://www.brusselsairport.be/fr/102547/273616/BRUTRENDS_06.pdf.

... *Conclusion*

supérieur à ceux résidant dans la zone 55-60 dB(A), et trois fois supérieur à ceux résidant dans la zone 65-70 dB(A). Néanmoins, la proportion de ménages résidant dans la zone la moins bruyante est tellement importante, par rapport à ceux résidant dans la zone la plus bruyante, que les premiers représentent 72 % du coût total pour la collectivité, alors que les seconds n'en représentent que 0,4 %. La dispersion des vols favorise cet effet; elle favorise aussi les plaintes, puisqu'elle augmente le nombre de victimes;

- le coût agrégé de la nuisance sonore pour la collectivité s'élève à environ 10 millions d'euros en 2005, ce qui se révèle faible en comparaison des bénéfices tirés par la présence de l'aéroport. A noter que ce chiffre ne traduit que la nuisance sonore telle qu'elle est perçue par les riverains; il ignore les coûts associés à la santé, par exemple, ainsi que les autres dommages environnementaux (pollution, occupation d'espace, etc.).

Si ces chiffres permettent d'objectiver un peu le débat, ils ne disent rien sur la meilleure manière de gérer la question : nombre de vols, répartition de ceux-ci, etc. Gérer la question de manière optimale signifierait minimiser l'impact de l'aéroport du point de vue collectif, c'est-à-dire les dommages qu'il provoque aux avantages qu'il procure. Bien entendu, de nombreuses limites sont à souligner à cette étude. Outre la possibilité de variables omises, la principale limite tient sans aucun doute dans la mesure du bruit. Nous avons utilisé l'indice d'exposition qui est le plus couramment utilisé pour ce genre d'étude, mais il est très agrégé, certainement trop. Désagréger la mesure d'exposition au bruit, par exemple par tranches horaires (en fonction du jour, ou de l'heure) ou par type d'avion ne contredirait sans doute pas les conclusions générales mais fournirait vraisemblablement des résultats plus contrastés.

Thierry Bréchet est professeur d'économie à l'UCL, membre du CORE et de la Louvain School of Management. Il est titulaire de la Chaire Lhoist Berghmans "Entreprise, Economie, Environnement".

Thierry Bréchet, Alexis Gérard et Giordano Mion

Alexis Gérard est chercheur au CORE et à la Chaire Lhoist Berghmans "Entreprise, Economie, Environnement" (UCL).

Giordano Mion est professeur à la London School of Economics et chercheur au CORE (UCL).

Références

- Baranzini A., Ramirez J. V., 2005, «Paying for Quietness: The Impact of Noise on Geneva Rents», *Urban Studies*, 42, pp. 633-646.
- Barde J.P., 1991, *Economie et Politique de l'Environnement*, Presses Universitaires de France.
- Bonnieux F., Desaignes B., 1998, *Economies et Politiques de l'environnement*, Dalloz.
- Bréchet Th., Picard P.M., 2007, «The price of silence: tradeable noise permits and airports», CORE discussion paper 2007/45, Université catholique de Louvain.
- Bréchet Th., Gérard A., Mion G., 2009, «Noise pollution at the Brussels Airport, an Hedonic Price Analysis», CORE discussion paper, Université catholique de Louvain, à paraître.
- Cohen J. P., Coughlin C. C., 2006, «Spatial Hedonic Models of Airport Noise, Proximity, and Housing Prices», *Federal Reserve Bank of St-Louis Working Paper Series*, working paper 2006-026B, 26 p.
- Espey M., Lopez H., 2000, «The Impact of Airport Noise and Proximity on Residential Property Values», *Growth and Change*, Vol. 31, pp. 408-419.
- Faburel G., Maleyre I., 2002a, «Les impacts territoriaux du bruit des avions», *Etudes Foncières*, 98, pp. 33 à 38.
- Faburel G. (coordinateur), 2006, «Les effets des trafics aériens autour des aéroports franciliens», Université de Paris XII, CRETEIL, mai, 62 p.
- 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*, 28 (2), pp. 199-210.
- Lipscomb C., 2003, "Small Cities Matter, Too: The Impacts of an Airport and Local Infrastructure on Housing Prices in a Small Urban City", *Revue of Urban and Regional Development Studies*, Vol. 15, n. 3, pp. 255-273.
- Melville L., McMillan M.L., Reid B.G., Gillen D.W., 1980, "An Extension of the Hedonic Approach for Estimating the Value of Quiet", *Land Economics*, Vol. 56, n. 3, pp. 315-328.
- Navrud S., 2002, "A State-Of-The-Art on Economic Valuation of Noise", Final Report to European Commission DG Environment.
- Nelson J. P., 2004, «Meta-Analysis of Airport Noise and Hedonic Property Values: Problems and Prospects», *Journal of Transport Economics and Policy*, 38, pp. 1-27.
- Nelson J. P., 2008, «Hedonic Property Value Studies of Transportation Noise: Aircraft and Road Traffic», *Forthcoming as a chapter in Hedonic Methods Housing Markets : Pricing Environmental Amenities and Segregation*.
- Salvi M., 2003, «Spatial Estimation of the Impact of Airport Noise on Residential Housing Price», *Zürcher Kantonalbank*, Real Estate Unit, Suisse, 14 p.
- Tomkins J. N., Topham N., Twomey J., Ward R., 1998, "Noise versus Access: The Impact of an Airport in an Urban Property Market", *Urban Studies*, 35, p. 243-258.
- Uyeno D., Hamilton S.W., Biggs A.J.C., 1993, "The impact of Airport Noise" *Journal of Transport Economics and Policy*, 27, pp. 3-18.
- Van Praag B.M.S., Baarsma B.E., 2004, "Using Happiness Surveys to Value Intangibles; the Case of Airport Noise", *Tinbergen Institute Discussion Paper*, TI 2004-024/3, 31 p.
- Walters A. A., 1975, "Noise and Prices", *Oxford University Press*, London, 278 p.

Annexe: un survol des autres études sur le sujet

L'objet de cette annexe est de comparer notre analyse avec les autres études publiées dans la littérature économique, à la fois dans ses options méthodologiques et dans ses principaux résultats.

Le type de logement, en premier lieu. C'est presque systématiquement la maison d'habitation unifamiliale qui est considérée, certains auteurs se concentrant néanmoins sur les appartements (Baranzini et Ramirez, 2005), les duplex ou les terres vacantes (Uyeno et al., 1993). La taille de l'échantillon varie sensiblement d'une étude à l'autre, les chiffres s'étalant de 105 à 13.034 observations. Il en va de même concernant le nombre de caractéristiques décrivant les logements : il va de 7 à 44. Comparativement à notre base de données, certaines études s'appuient sur une quantité d'observations et d'attributs explicatifs du prix des logements nettement plus importante. Toutefois, ceci ne garantit pas nécessairement que les résultats soient plus fiables, comme nous pourrions le voir plus loin. Le coefficient de corrélation se situe généralement autour de 0,65, les valeurs s'étalant de 0,50 (Cohen et Coughlin, 2006) à plus de 0,85 (Espey et Lopez, 2000).

Pour traiter l'exposition au bruit, divers indices sont utilisés. Certains correspondent à des moyennes sur une certaine période, par exemple une année, tandis que d'autres mettent en évidence des caractéristiques plus précises du bruit (amplitude, fréquence, etc.). Levesque (1994) montre dans son étude qu'une décomposition du bruit peut fournir des résultats différents d'une mesure agrégée. Cette dernière serait représentative de la particularité du bruit des avions, à savoir d'augmenter plus ou moins lentement jusqu'à un certain pic pour diminuer progressivement par après. Dans la plupart des études, la nuisance sonore est intégrée à la fonction de prix sous forme continue. Seuls les articles de Faburel et Maleyre (2004), Uyeno *et al.* (1993) et Tomkins *et al.* (1994) tiennent également compte d'un découpage plus fin des niveaux de bruit, comme nous le faisons dans notre étude. L'impact du bruit est presque toujours statistiquement significatif, sauf pour Lipscomb (2003) et Cohen et Coughlin (2003). L'ampleur des impacts s'étale de -0,4 % (Faburel et Maleyre, 2004) à - 2,0 % (Espey et Lopez, 2000) par unité de bruit supplémentaire (*NDI*) pour les cas où la variable est continue et la spécification semi-logarithmique. Selon une méta-analyse réalisée par Nelson (2004), le *NDI* moyen des études publiées est de 0,75. Notre résultat pour Bruxelles-National est dans cet ordre de grandeur.

L'accès à l'aéroport est une caractéristique qui est de plus en plus souvent considérée dans le prix de vente d'un logement (Cohen et Coughlin, 2006; Espey et Lopez, 2000; Lipscomb, 2003; Uyeno *et al.*, 1993; Tomkins *et al.*, 1998). La distance consiste soit en la distance en droite ligne entre chaque logement et le terminal principal de l'aéroport, soit en des cercles concentriques tracés par exemple tous les kilomètres à partir de ce même terminal, définissant ainsi des zones, à l'instar du bruit. L'influence est alors assez variable : positive pour l'aéroport de Reno-Tahoe (Espey et Lopez, 2000), ce qui revient à dire que s'éloigner de l'aéroport induit une hausse du prix de vente de 2,5 %, toutes choses égales par ailleurs; négative pour les trois autres études sus-mentionnées. Selon les auteurs précités, ne pas prendre la distance à l'aéroport en compte risquerait d'induire un biais à la baisse dans l'estimation hédonique du bruit.

Enfin, le niveau de désagrégation spatiale est susceptible de jouer un rôle important, ce qu'on qualifie de biais d'agrégation. Dans notre étude, toutes les caractéristiques spatiales sont définies à l'échelon du secteur statistique, ce qui est très fin. Une agrégation spatiale supérieure peut entraîner un biais dans la mesure où la déficience des caractéristiques spatiales pourrait se traduire par une sur-estimation de la contribution des nuisances sonores. Il semble que peu d'études portent attention à ce problème. Pour certaines il existe un gain (empirique) justifiant le recours à l'estimation de spécifications simplifiées après agrégation de données économétriques (Grunfeld et Grilliches 1960; Boot et de Wit 1960). D'autres esti-

ment que l'agrégation implique une perte d'information (Orcutt, Watts et Edwards, 1968). Seules quelques études réalisées au Canada travaillent à un niveau aussi désagrégé que le notre (Uyeno *et al.*, 1993), les "secteurs de dénombrement", qui ressemblent de près aux secteurs statistiques que nous utilisons dans notre étude.

Directeur de la publication :
Vincent Bodart
Rédactrice en chef :
Muriel Dejemeppe
Comité de rédaction : *Paul Belleflamme,*
Vincent Bodart, Thierry Bréchet,
Muriel Dejemeppe, Frédéric Docquier,
Jean Hindriks, François Maniquet,
Marthe Nyssens
Secrétariat & logistique : *Anne Davister*
Graphiste : *Dominos*

Regards Économiques a le soutien financier
du Fonds de la Recherche Scientifique - FNRS.

IRES-UCL

Place Montesquieu, 3

B1348 Louvain-la-Neuve

<http://www.uclouvain.be/regardseconomiques>

regard-ires@uclouvain.be

tél. 010/47 34 26

Environmental Economics & Management Memoranda

91. Thierry BRECHET, Henry TULKENS. Beyond BAT : Selecting optimal combinations of available techniques, with an example from the limestone industry. *Journal of Environmental Management*, 90 (2009) :1790-1801.
90. Giorgia OGGIONI, Yves SMEERS. Equilibrium models for the carbon leakage problem. December 2008 (also CORE DP 2008/76)
89. Giorgia OGGIONI, Yves SMEERS. Average power contracts can mitigate carbon leakage. December 2008 (also CORE DP 2008/62)
88. Thierry BRECHET, Johan EYCKMANS, François GERARD, Philippe MARBAIX, Henry TULKENS, Jean-Pascal van YPERSELE. The impact of the unilateral EU commitment on the stability of international climate agreements. (also CORE DP 2008/61)
87. Raouf BOUCEKKINE, Jacek B. KRAWCZYK, Thomas VALLEE. Towards an understanding of tradeoffs between regional wealth, tightness of a common environmental constraint and the sharing rules. (also CORE DP 2008/55)
86. Thierry BRECHET, Tsvetomir TSACHEV, Vladimir VELIOV. Prices versus quantities in a vintage capital model. March 2009 (also CORE DP 2009/15).
85. David DE LA CROIX, Davide DOTTORI. Easter Island's collapse : a tale of a population race. *Journal of Economic Growth*, 13 :27-55, 2008.
84. Thierry BRECHET, Stéphane LAMBRECHT, Fabien PRIEUR. Intertemporal transfers of emission quotas in climate policies. *Economic Modelling*, 26(1) : 126-143, 2009.
83. Thierry BRECHET, Stéphane LAMBRECHT. Family altruism with renewable resource and population growth. *Mathematical Population Studies*, 16 :60-78, 2009.
82. Thierry BRECHET, Alexis GERARD, Giordano MION. Une évaluation objective des nuisances subjectives de l'aéroport de Bruxelles-National. *Regards Economiques*, N° 66, Février 2009.
81. Thierry BRECHET, Johan EYCKMANS. Coalition theory and integrated assessment modeling : Lessons for climate governance. In E. Brousseau, P.A. Jouvét and T. Tom Dedeurwaerder (eds). *Governing Global Environmental Commons: Institutions, Markets, Social Preferences and Political Games*, Oxford University Press, 2009.
80. Parkash CHANDER and Henry TULKENS. Cooperation, stability, and self-enforcement in international environmental agreements : A conceptual discussion. In R. Guesnerie and H. Tulkens (eds). *The Design of Climate Policy*, CESifo Seminar Series, The MIT Press, 2008.
79. Mirabelle MUULS. The effect of investment on bargaining positions. Over-investment in the case of international agreements on climate change. September 2008
78. Pierre-André JOUVET, Philippe MICHEL, Pierre PESTIEAU. Public and private environmental spending : a political economy approach. *Environmental Economics and Policy Studies*, Vol 9 (3) : 177-191 2008.
77. Fabien PRIEUR. The environmental Kuznets curve in a world of irreversibility. *Economic Theory*, 2009.
76. Raouf BOUCEKKINE, Natali HRITONENKO and Yuri YATSENKO. Optimal firm behavior under environmental constraints. April 2008. (also CORE DP 2008/24).
75. Giorgia OGGIONI and Yves SMEERS. Evaluating the impact of average cost based contracts on the industrial sector in the European emission trading scheme. January 2008 (also CORE DP 2008/1).
74. Thierry BRECHET and Pierre-André JOUVET. Environmental innovation and the cost of pollution abatement revisited. *Ecological Economics*, 65 : 262-265, 2008.
73. Ingmar SCHUMACHER and Benteng ZOU. Pollution perception : A challenge for intergenerational equity. *Journal of Environmental Economics and Management*, 55, 296-309, 2008.
72. Thierry BRECHET et Patrick VAN BRUSSELEN. Le pic pétrolier: un regard d'économiste. *Reflets et Perspectives de la vie économique*, Tome XLVI, n° 4, 63-81, 2007.
71. Thierry BRECHET. L'énergie : mutations passées et mutations en cours. *Reflets et Perspectives de la vie économique*, Tome XLVI, n° 4, 5-11, 2007.

70. Marc GERMAIN, Alphonse MAGNUS and Vincent VAN STEENBERGHE. How to design and use the clean development mechanism under the Kyoto Protocol? A developing country perspective. *Environmental & Resource Economics*, 38(1) : 13-30, 2007.
69. Thierry BRECHET et Pierre PICARD. Economische instrumenten voor de regulering van de geluidshinder in de omgeving van luchthavens? *Brussels Studies*, nummer 12, 3 december 2007
68. Thierry BRECHET et Pierre PICARD. Des instruments économiques pour la régulation des nuisances sonores autour des aéroports? *Brussels Studies*, numéro 12, 3 décembre 2007, www.brusselsstudies.be.
67. Thierry BRECHET and Pierre PICARD. Can economic instruments regulate noise pollution in locations near airports? *Brussels Studies*, issue 12, 2007 december the 3rd, www.brusselsstudies.be
66. Pierre-André JOUVET, Pierre PESTIEAU and Gregory PONTIERE. Longevity and Environmental quality in an OLG model. September 2007 (also available as CORE DP 2007/69).
65. Raouf BOUCEKKINE and Marc GERMAIN. Impacts of emission reduction policies in a multi-regional multi-sectoral small open economy with endogenous growth. February 2007 (also available CORE DP 2007/11).
64. Parkash CHANDER and Subhashini MUTHUKRISHNAN. Green consumerism and collective action. June 2007 (also available as CORE DP 2007/58).
63. Jakub GROWIEC and Ingmar SCHUMACHER. Technological opportunity, long-run growth and convergence. July 2007 (also available as CORE DP 2007/57).
62. Maria Eugenia SANIN and Skerdilajda ZANAJ. Environmental innovation under Cournot competition. June 2007. (also available as CORE DP 2007/50)
61. Thierry BRECHET and Stéphane LAMBRECHT. Family altruism with a renewable resource and population growth. October 2006 (also available as CORE DP 2006/35).
60. Thierry BRECHET, François GERARD and Henry TULKENS. Climate Coalitions: a theoretical and computational appraisal. February 2007 (also available as CORE DP 2007/3).
59. Thierry BRECHET. L'environnement dans tous ses états. *Regards Economiques*, n° 50, 26-32, Avril 2007.
58. Thierry BRECHET and Susana PERALTA. The race for polluting permits. March 2007 (also available as CORE DP 2007/27).
57. Giorgia OGGIONI, Ina RUMIANTSEVA and Yves SMEERS. Introduction of CO₂ emission certificates in a simplified model of the Benelux electricity network with small and industrial consumers. Reprint from *Proceedings of the International Conference on Clean Electrical Power*, Capri, Italy, May 21-23, 2007.
56. Agustin PEREZ-BARAHONA. The problem of non-renewable energy resource in the production of physical capital. January 2007 (also available as CORE DP 2007/8).
55. Thierry BRECHET, Benoît LUSSIS. The contribution of the clean development mechanism to national climate policies. *Journal of Policy Modelling*, 28(9), 981-994, December 2006.
54. Ingmar SCHUMACHER. Endogenous discounting via wealth, twin-peaks and the role of technology. November 2006 (also available as CORE DP 2006/104).
53. Ingmar SCHUMACHER. On optimality, endogenous discounting and wealth accumulation. October 2006 (also available as CORE DP 2006/103).
52. Jakub GROWIEC, Ingmar SCHUMACHER. On technical change in the elasticities of resource inputs. November 2006. (also available as CORE DP 2006/63).
51. Maria Eugenia SANIN. Market Design in Wholesale Electricity Markets. October 2006 (also available as CORE DP 2006/100).
50. Luisito BERTINELLI, Eric STROBL and Benteng ZOU. Polluting technologies and sustainable economic development. June 2006 (also available as CORE DP 2006/52).
49. Marc GERMAIN, Alphonse MAGNUS. Prices versus quantities: Stock pollution control with repeated choice of the instrument. October 2005. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 197 (2006) 437-445.
48. Agustin PEREZ-BARAHONA. Capital accumulation and exhaustible energy resources: a special functions case. September 2006 (also available as CORE DP 2007/9).
47. Philippe TULKENS, Henry TULKENS. The White House and the Kyoto Protocol: Double standards on uncertainties and their consequences. May 2006 (also TERI School of Advanced Studies WP Series #1).

46. Thierry BRECHET, Pierre-André JOUVET. Environmental innovation and the cost of pollution abatement. January 2006 (also available as CORE DP 2006/40).
45. Fabien PRIEUR. The implication of irreversible pollution on the relation between growth and the environment: The degenerate Kuznets curve. February 2006.
44. Thierry BRECHET, Marc GERMAIN, Philippe MONTFORT. Allocation des efforts de dépollution dans des économies avec spécialisation internationale. *Revue Economique*, 57(2), Mars 2006.
43. Ingmar SCHUMACHER and Benteng ZOU. Habit in Pollution, A Challenge for Intergenerational Equity. March 2006 (also available as CORE DP 2006/6).
42. Jean-Charles HOURCADE, P.R. SHUKLA and Sandrine MATHY. Cutting the Climate-Development Gordian Knot – Economic options in a politically constrained world. September 2005.
41. Urs LUTERBACHER. Climate Change, the Kyoto Protocol, and Transatlantic Relations. November 2005.
40. Parkash CHANDER and Henry TULKENS. Cooperation, Stability and Self-Enforcement in International Environmental Agreements: A Conceptual Discussion. July 2005.
39. Paul-Marie BOULANGER et Thierry BRECHET. Le Mécanisme pour un Développement Propre tiendra-t-il ses promesses ? *Reflets et Perspectives de la Vie Economique*, Tome XLIV – 2005 – N° 3, 5-27.
38. Paul-Marie BOULANGER and Thierry BRECHET. Models for policy-making in sustainable development: The state of the art and perspectives for research. *Ecological Economics*, 55, 337-350, 2005.
37. Johan EYCKMANS and Henry TULKENS. Optimal and Stable International Climate Agreements. October 2005. Reprint from "*Economic Aspects of Climate Change Policy : A European and Belgian Perspective*", a joint product of CES-K.U.Leuven and CORE-UCL, edited by Bert Willems, Johan Eyckmans and Stef Proost, published by ACCO, 3000 Leuven (Belgium)
36. Thierry BRECHET and Benoît LUSSIS. The Clean Development Mechanism in Belgian Climate Policy. October 2005. Reprint from "*Economic Aspects of Climate Change Policy : A European and Belgian Perspective*", a joint product of CES-K.U.Leuven and CORE-UCL, edited by Bert Willems, Johan Eyckmans and Stef Proost, published by ACCO, 3000 Leuven (Belgium)
35. Vincent VAN STEENBERGHE. The impact of banking on permits prices and compliance costs. October 2005. Reprint from "*Economic Aspects of Climate Change Policy : A European and Belgian Perspective*", a joint product of CES-K.U.Leuven and CORE-UCL, edited by Bert Willems, Johan Eyckmans and Stef Proost, published by ACCO, 3000 Leuven (Belgium)
34. Johan EYCKMANS, Denise VAN REGEMORTER and Vincent VAN STEENBERGHE. Kyoto-permit prices and compliance costs: an analysis with MacGEM. October 2005. Reprint from "*Economic Aspects of Climate Change Policy : A European and Belgian Perspective*", a joint product of CES-K.U.Leuven and CORE-UCL, edited by Bert Willems, Johan Eyckmans and Stef Proost, published by ACCO, 3000 Leuven (Belgium)
33. Johan EYCKMANS, Bert WILLEMS and Jean-Pascal VAN YPERSELE. Climate Change: Challenges for the World. October 2005. Reprint from "*Economic Aspects of Climate Change Policy : A European and Belgian Perspective*", a joint product of CES-K.U.Leuven and CORE-UCL, edited by Bert Willems, Johan Eyckmans and Stef Proost, published by ACCO, 3000 Leuven (Belgium)
32. Marc GERMAIN, Stef PROOST and Bert SAVEYN. The Belgian Burden Sharing. October 2005. Reprint from "*Economic Aspects of Climate Change Policy : A European and Belgian Perspective*", a joint product of CES-K.U.Leuven and CORE-UCL, edited by Bert Willems, Johan Eyckmans and Stef Proost, published by ACCO, 3000 Leuven (Belgium)
31. Ingmar SCHUMACHER. Reviewing Social Discounting within Intergenerational Moral Intuition. June 2005.
30. Stéphane LAMBRECHT. The effects of a demographic shock in an OLG economy with pay-as-you-go pensions and property rights on the environment: the case of selfish households. January 2005.
29. Stéphane LAMBRECHT. Maintaining environmental quality for overlapping generations: Some Reflections on the US Sky Trust Initiative. May 2005.
28. Thierry BRECHET, Benoît LUSSIS. The contribution of the Clean Development Mechanism to national climate policies. April 2005.
27. Thierry BRECHET, Stéphane LAMBRECHT, Fabien PRIEUR. Intergenerational transfers of pollution rights and growth. May 2005 (also available as CORE DP 2005/42).
26. Maryse LABRIET, Richard LOULOU. From non-cooperative CO₂ abatement strategies to the optimal world cooperation: Results from the integrated MARKAL model. April 2005.

25. Marc GERMAIN, Vincent VAN STEENBERGHE, Alphonse MAGNUS. Optimal Policy with Tradable and Bankable Pollution Permits : Taking the Market Microstructure into Account. *Journal of Public Economy Theory*, 6(5), 2004, 737-757.
24. Marc GERMAIN, Stefano LOVO, Vincent VAN STEENBERGHE. De l'impact de la microstructure d'un marché de permis de polluer sur la politique environnementale. *Annales d'Economie et de Statistique*, n° 74 – 2004, 177-208.
23. Marc GERMAIN, Alphonse MAGNUS, Vincent VAN STEENBERGHE. Should developing countries participate in the Clean Development Mechanism under the Kyoto Protocol ? The low-hanging fruits and baseline issues. December 2004.
22. Thierry BRECHET et Paul-Marie BOULANGER. Le Mécanisme pour un Développement Propre, ou comment faire d'une pierre deux coups. *Regards Economiques*, Ires n° 27, janvier 2005.
21. Sergio CURRARINI & Henry TULKENS. Stable international agreements on transfrontier pollution with ratification constraints. In C. Carraro and V. Fragnelli (eds.), *Game Practice and the Environment*. Cheltenham, Edward Elgar Publishing, 2004, 9-36. (also available as CORE Reprint 1715).
20. Agustin PEREZ-BARAHONA & Benteng ZOU. A comparative study of energy saving technical progress in a vintage capital model. December 2004.
19. Agustin PEREZ-BARAHONA & Benteng ZOU. Energy saving technological progress in a vintage capital model. December 2004.
18. Matthieu GLACHANT. Voluntary agreements under endogenous legislative threats and imperfect enforcement. November 2004.
17. Thierry BRECHET, Stéphane LAMBRECHT. Puzzling over sustainability: an equilibrium analysis. November 2004.
16. Vincent VAN STEENBERGHE. Core-stable and equitable allocations of greenhouse gas emission permits. October 2004. (also available as CORE DP 2004/75).
15. Pierre-André JOUVET Philippe MICHEL, Pierre PESTIEAU. Public and private environmental spending. A political economy approach. September 2004. (also available as CORE DP 2004/68).
14. Thierry BRECHET, Marc GERMAIN, Vincent VAN STEENBERGHE. The clean development mechanism under the Kyoto protocol and the 'low-hanging fruits' issue. July 2004. (also available as CORE DP 2004/81).
13. Thierry BRECHET, Philippe MICHEL. Environmental performance and equilibrium. July 2004. (also available as CORE DP 2004/72).
12. Luisito BERTINELLI, Eric STROBL. The Environmental Kuznets Curve semi-parametrically revisited. July 2004. (also available as CORE DP 2004/51).
11. Axel GOSSERIES, Vincent VAN STEENBERGHE. Pourquoi des marchés de permis de polluer ? Les enjeux économiques et éthiques de Kyoto. April 2004. (also available as IRES discussion paper n° 2004-21).
10. Vincent VAN STEENBERGHE. CO₂ Abatement costs and permits price : Exploring the impact of banking and the role of future commitments. December 2003. (also available as CORE DP 2003/98).
9. Katheline SCHUBERT. Eléments sur l'actualisation et l'environnement. March 2004.
8. Marc GERMAIN. Modélisations de marchés de permis de pollution. July 2003.
7. Marc GERMAIN. Le Mécanisme de Développement Propre : Impacts du principe d'additionnalité et du choix de la baseline. January 2003.
6. Thierry BRECHET et Marc GERMAIN. Les affres de la modélisation. May 2002.
5. Marc GERMAIN and Vincent VAN STEENBERGHE. Constraining equitable allocations of tradable CO₂ emission quotas by acceptability, *Environmental and Resource Economics*, (26) 3, 2003.
4. Marc GERMAIN, Philippe TOINT, Henry TULKENS and Aart DE ZEEUW. Transfers to sustain dynamic core-theoretic cooperation in international stock pollutant control, *Journal of Economic Dynamics & Control*, (28) 1, 2003.
3. Thierry BRECHET, Marc GERMAIN et Philippe MONTFORT. Spécialisation internationale et partage de la charge en matière de réduction de la pollution. (also available as IRES discussion paper n°2003-19).
2. Olivier GODARD. Le risque climatique planétaire et la question de l'équité internationale dans l'attribution de quotas d'émission échangeable. May 2003.
1. Thierry BRECHET. Entreprise et environnement : des défis complémentaires ? March 2002. Revue Louvain.

Environmental Economics & Management Memorandum

Chair Lhoist Berghmans in Environmental Economics and Management
Center for Operations Research & Econometrics (CORE)
Université catholique de Louvain (UCL)
Voie du Roman Pays 34
B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

Hard copies are available upon request : env@core.ucl.ac.be

Papers are available in pdf format on line : <http://www.uclouvain.be/en-21264.html>