

# SSD

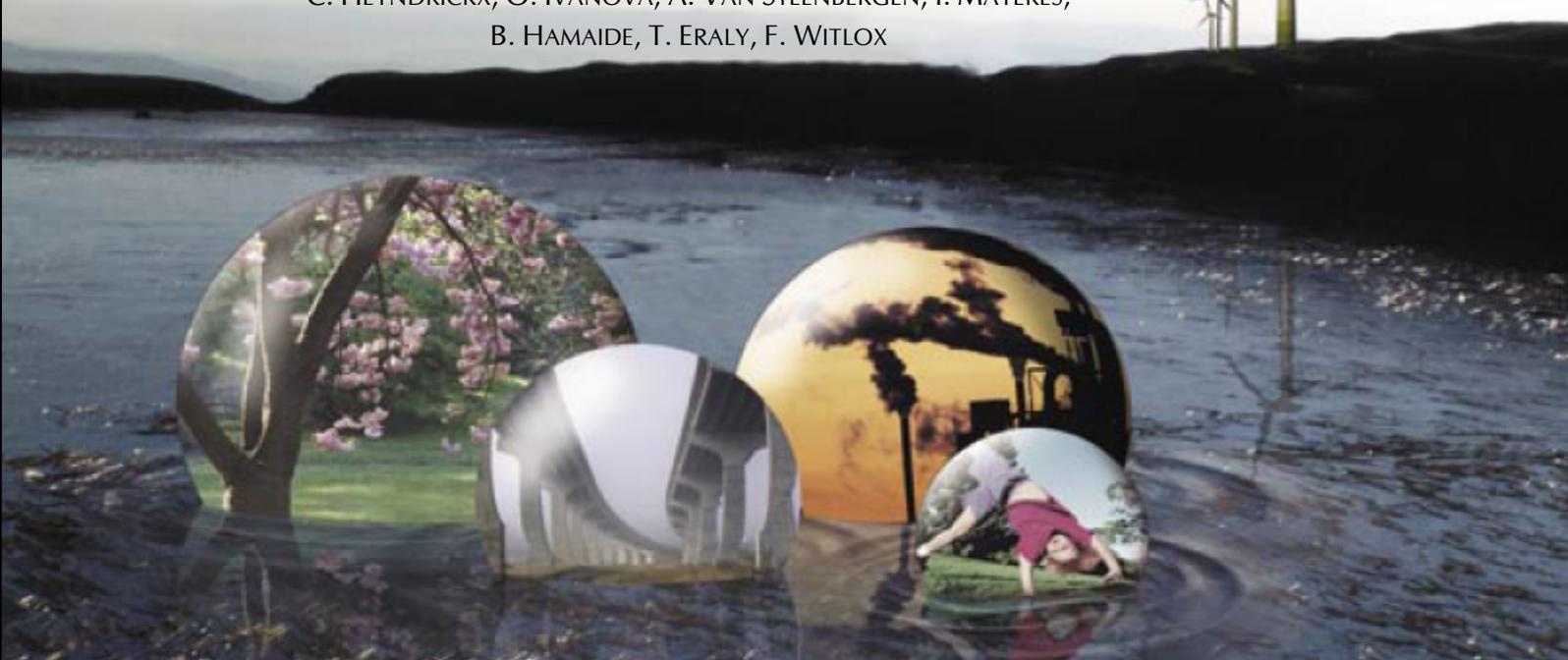
SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT



**DÉVELOPPEMENT D'UN CADRE DE MODÉLISATION  
SPATIO-ECONOMICO-ENVIRONNEMENTAL POUR  
L'ANALYSE DE POLITIQUES ET MESURES DURABLES**

**“ISEEM”**

C. HEYNDRICKX, O. IVANOVA, A. VAN STEENBERGEN, I. MAYERES,  
B. HAMAIDE, T. ERALY, F. WITLOX



ENERGY 

TRANSPORT AND MOBILITY 

AGRO-FOOD 

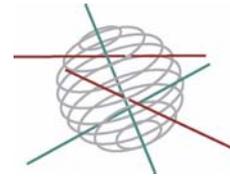
HEALTH AND ENVIRONMENT 

CLIMATE 

BIODIVERSITY 

ATMOSPHERE AND TERRESTRIAL AND MARINE ECOSYSTEMS 

TRANSVERSAL ACTIONS 



**Actions Transversales**

RAPPORT FINAL  
RESUME

**DÉVELOPPEMENT D'UN CADRE DE MODÉLISATION SPATIO-  
ECONOMICO-ENVIRONNEMENTAL POUR L'ANALYSE DE  
POLITIQUES ET MESURES DURABLES**

**“ISEEM”**

**SD/TA/08A**

**Promoteurs**

**Christophe Heyndrickx**

Transport & Mobility Leuven (TML)

**Inge Mayeres**

Bureau Fédéral du Plan (BFP)

**Bertrand Hamaide**

Facultés Universitaires Saint-Louis (FUSL)

**Frank Witlox**

Universiteit Gent (UGent)

**Auteurs**

Christophe Heyndrickx (TML/UGent)

Dr. Olga Ivanova (TML/TNO)

Alex Van Steenberghe (BFP)

Dr. Inge Mayeres (BFP)

Prof. Bertrand Hamaide (FUSL)

Thomas Eraly (FUSL)

Prof. Frank Witlox (UGent)

*Février 2009*



Rue de la Science 8  
Wetenschapsstraat 8  
B-1000 Brussels  
Belgium  
Tel: + 32 (0)2 238 34 11 – Fax: + 32 (0)2 230 59 12  
<http://www.belspo.be>

Contact person: Marie-Carmen Bex  
+ 32 (0)2 238 34 81

Neither the Belgian Science Policy nor any person acting on behalf of the Belgian Science Policy is responsible for the use which might be made of the following information. The authors are responsible for the content.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without indicating the reference :

Christophe Heyndrickx, Olga Ivanova, Alex Van Steenberghe, Inge Mayeres, Bertrand Hamaide, Thomas Eraly, Frank Witlox. ***Développement d'un cadre de modélisation spatio-economico-environnemental pour l'analyse de politiques et mesures durables "ISEEM"*** Rapport Final Résumé. Bruxelles : Politique scientifique fédérale 2009 – 7 p. (Programme de recherche : SSD - « La Science pour un Développement Durable »)

Le modèle ISEEM ou le modèle écologique spatio-économique intégré est le principal résultat du projet ISEEM, soutenu par la Politique scientifique fédérale (Belspo). Ce projet a été mis en œuvre par un consortium composé de Transport & Mobility Leuven (TML), le Bureau fédéral du plan (BFP) et l'Université de Gand (UGent). Le projet avait pour objectif de générer de l'expérience dans le domaine de la modélisation économique-régionale appliquée. ISEEM chapeautait l'élaboration de la méthodologie, la collecte de données, la construction du modèle en langage de programmation GAMS et l'utilisation du modèle dans une série de simulations.

Ce rapport comprend la description du modèle d'équilibre général régional pour la Belgique ISEEM, donne davantage d'informations sur la manière dont la base de données du modèle a été constituée et fournit quelques résultats importants du modèle, avec des informations sur les points forts du modèle et ses manquements possibles. La méthodologie d'ISEEM a été établie au moyen d'une bibliographie étendue des techniques les plus récentes de modélisation économique. Cette bibliographie est jointe dans un document séparé et peut être considérée comme une annexe à ce rapport.

Le principal groupe-cible de ce rapport sont les autres chercheurs s'intéressant à la modélisation économique, les responsables politiques ayant un bagage suffisant en économie ou d'autres personnes ayant un intérêt spécifique à l'égard de l'économie ou de la modélisation économique. Le langage utilisé dans ce rapport est plutôt technique, de même que le contexte scientifique du modèle.

Le modèle ISEEM pour la Belgique est essentiellement une extension et une amélioration du modèle RAEM pour les Pays-Bas. Les principaux changements sont à pointer dans la base de données, une réévaluation et une adaptation des paramètres exogènes et l'ajout de différents nouveaux éléments liés à la politique en matière de durabilité. De nouveaux aspects socio-économiques et environnementaux ont été ajoutés, mais aussi des éléments relatifs à l'utilisation des sols et au marché immobilier.

Le modèle ISEEM est un modèle régional au niveau provincial, dans lequel les régions sont liées mutuellement par des flux commerciaux interrégionaux, la navette, des voyages de transport et la migration. La complexité du modèle résulte de liens régionaux spécifiques, qui peuvent être utilisés pour étudier le groupement d'activités et des économies d'échelle. Ces caractéristiques sont typiques de la littérature 'New Economic Geography' (NEG).

Dans chaque province, l'on distingue plusieurs ménages. Chaque ménage représente le comportement d'une partie de la population. Chaque type de ménage représente en principe 1 décile de revenus, classé de pauvre à riche. Il est important de distinguer les effets sur le bien-être de la politique sur les différents groupes de revenus, car cela permet de calculer des indicateurs, axés sur la pauvreté et l'inégalité.

Les effets environnementaux sont principalement associés à l'émission de substances polluantes. Les émissions sont partiellement associées à la consommation d'énergie et partiellement à la production totale des secteurs. Outre les émissions de CO<sub>2</sub> connues, nous tenons également compte de différents autres gaz à effet de serre comme NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub> et différents gaz sans effet de serre comme PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>. La valeur monétaire du dommage dû aux émissions est calculée au moyen d'une valeur représentative, laquelle représente le dommage

que cette substance cause à la société. On a supposé que ces coûts étaient entièrement externes à la société et n'entraînaient pas d'augmentation des dépenses de soins de santé ou de perte de main-d'œuvre.

La structure compliquée de l'État belge a également été modélisée dans ISEEM, en tenant compte de différents revenus tirés des taxes, subsides, transferts entre ménages et exécutifs régionaux. ISEEM est en mesure d'attribuer des revenus tirés de taxes et des subsides à différents exécutifs régionaux. Le modèle est en outre en mesure de faire intervenir différents mécanismes de redistribution, via les impôts sur le revenu, les cotisations de sécurité sociale, les allocations de chômage, la consommation publique et les investissements.

L'utilisation du sol a été limitée à un facteur de production pour les entreprises. Le sol et les bâtiments ont été modélisés comme des facteurs 'fixes'. Les entreprises peuvent choisir d'investir plus ou moins dans le sol ou les bâtiments, en fonction de leurs prix relatifs. En outre, le modèle est capable de déterminer dans quelle mesure un type donné de sol est productif et comment les changements de disponibilité du sol ont une influence sur la production régionale. Les maisons ont été modélisées comme une part de la fonction publique des ménages et conduisent à une hausse du bien-être, si dans une province donnée le nombre de maisons augmente en valeur. Cela dépend de la production du secteur de la construction dans chaque province.

Les applications possibles d'ISEEM sont multiples et peuvent être utilisées pour prendre des mesures dans l'application d'une politique en matière de durabilité. La plupart des applications du modèle ont été jusqu'à présent limitées au secteur du transport, parce que le modèle trouve son origine dans l'économie régionale et l'économie du transport. ISEEM est un modèle très puissant dans le domaine de l'analyse des transports, certainement si l'on a de surcroît la possibilité d'utiliser également les résultats d'autres modèles d'économie du transport.

Le nombre d'applications possibles a augmenté avec les nouveaux éléments qui ont été ajoutés au modèle. La modélisation de la pollution atmosphérique permet de calculer, outre les gains et les pertes économiques purs, l'effet de la dégradation de l'environnement et de la pollution. L'intégration de l'utilisation du sol et des bâtiments comme facteur de production pour les entreprises peut être utilisée pour calculer la pression sur le sol disponible et les investissements dans les bâtiments. Les éléments socio-économiques peuvent du reste être utilisés pour calculer l'impact de la politique sur le bien-être des différents ménages.

L'utilisation d'ISEEM pour la politique en matière de durabilité peut aller de (liste non exhaustive) : de l'effet d'un investissement dans l'infrastructure de transport au niveau provincial à la mise en œuvre d'un système qui traite les émissions, en passant par une évaluation d'une perte de sol productif par pollution industrielle ou l'effet sur le bien-être de l'introduction d'une taxe énergétique sur tous les biens de consommation. De manière générale, le modèle est capable de s'adapter à toute simulation, pour autant que celle-ci soit traduite de manière adéquate en un changement d'une valeur monétaire ou comme une variation des facteurs de production ou coûts initiaux. En outre, le modèle se révèle très flexible, en ce sens que de nouveaux éléments peuvent être repris, si cela est souhaitable du point de vue d'une simulation.

Bien que le modèle ISEEM soit très puissant sur le plan de l'analyse de politique, c'est un modèle dont l'utilisation est relativement compliquée. Une bonne simulation de politique nécessite un chercheur entraîné ayant une bonne connaissance de la modélisation économique (régionale). En outre, ISEEM produit une énorme variété d'indicateurs, susceptibles de mener à une interprétation relativement complexe du résultat. Le risque existe que l'on utilise par trop le modèle comme une 'boîte noire', étant donné qu'une connaissance contextuelle suffisante est nécessaire pour voir comment un effet déterminé se manifeste dans le modèle.

Un autre problème survenant souvent avec une modélisation d'équilibre général est l'utilisation des paramètres exogènes. Souvent, des estimations économétriques de qualité ne sont pas disponibles ou ne peuvent pas être extrapolées au modèle. Cela se révèle problématique étant donné que l'étalonnage du modèle est fonction d'une bonne estimation. Bien qu'il ait été initialement prévu de faire d'ISEEM un modèle empirique entièrement testé, nous n'y sommes que partiellement parvenus. Les estimations économétriques du projet HERMES ont été utilisées comme base pour les paramètres exogènes d'ISEEM. Malheureusement, des informations n'étaient pas disponibles sur tous les paramètres, si bien qu'une estimation 'la meilleure possible' d'un paramètre était tout de même encore parfois nécessaire.

Au cours du test du modèle, il a été décidé d'utiliser une structure quelque peu plus limitée du modèle. Dans la plupart des cas, les dépenses publiques ont été considérées comme 'fixes' (en valeur réelle) et les effets de la migration n'ont pas été modélisés. La version dynamique du modèle n'a pas non plus été utilisée dans les simulations, bien qu'elle ait été utilisée dans l'analyse de sensibilité. Les principales raisons à cela ont été le manque de temps et les problèmes d'interprétation possibles dans la mise en œuvre de la modélisation de la migration et des dépenses publiques.

La collecte de données pour le modèle a demandé un effort en temps et en énergie plus important qu'initialement planifié. Nombre des variables et paramètres dans ISEEM ont été définis au niveau provincial, ce qui requiert un grand nombre d'informations supplémentaires. Même après une étude et un contrôle intensifs, quelques problèmes persistants demeurent tout de même encore avec les données régionales, surtout vu la production et les revenus régionaux de la Région bruxelloise. Le traitement de ces données est décrit en détail dans le rapport.

La base de données consiste en une série de fichiers Excel, dont les 'social accounting matrices' sont les plus importants aux niveaux national et régional. La matrice au niveau national a été constituée au moyen des données provenant de la base de données Eurostat, les régionales ont été produites au moyen de coefficients d'input-output au niveau régional, complétés par des données de la Banque nationale de Belgique. L'étalonnage des flux commerciaux interrégionaux fait partie intégrante du code de modèle et a été basée sur les données du transport de marchandises entre les provinces.

Les autres fichiers contiennent les données destinées à enrichir le modèle d'autres éléments et sont nécessaires pour l'application de la politique en matière de durabilité et l'utilisation d'une analyse plus détaillée et plus 'riche'. Des données séparées sur les voyages de transport avec différents objectifs, la migration, la pollution de l'environnement, l'utilisation du sol, le marché

du travail, etc. font partie intégrante de la base de données publique d'ISEEM. Bien que le travail sur les données ait été approfondi, nous estimons que différents aspects auraient encore pu faire l'objet d'une élaboration plus détaillée. Nous faisons référence ici aux données sociales et aux données sur l'utilisation du sol et les bâtiments, les données économiques régionales comme le revenu de Bruxelles et le taux d'épargne, ainsi que le commerce dans les services.

Nos simulations ont utilisé différents indicateurs, afin de simplifier l'analyse des résultats de modèle. Les indicateurs ont été divisés en 3 'colonnes' d'analyse de durabilité, à savoir les indicateurs 'économiques', 'environnementaux' et 'sociaux'. Les indicateurs économiques sont basés sur la consommation du ménage, la production, l'inflation et le chômage. Les indicateurs environnementaux sont basés sur les dégradations environnementales et sur l'utilisation du sol des secteurs. Les indicateurs sociaux sont calculés au moyen de l'écart relatif des revenus des différents ménages et incluent la pauvreté et l'inégalité de revenu.

Les simulations de politique ayant été traitées dans ce rapport ont été élaborées pour tester différents éléments du modèle ISEEM. L'environnement et les émissions sont traités dans un scénario NOx. Le marché du travail et la fonction Pissarides visant à modéliser le chômage ont été utilisés dans un scénario 'coût de la navette'. La modélisation du transport et de l'économie du transport au niveau régional a été testée dans un scénario de transport de marchandises autour d'une taxe kilométrique, tandis que dans le dernier scénario, il est question d'une taxe sur le sol ou d'une baisse comparable de la disponibilité de sol.

Ces simulations donnent un bon aperçu des applications possibles d'ISEEM et montrent comment le modèle fonctionne dans un scénario appliqué. Les simulations reprises dans ce rapport doivent être considérées comme un test du modèle. Nous ne prétendons donc pas que les résultats constituent un reflet exact de la réalité, mais bien qu'ils laissent voir d'une manière constructive les résultats des scénarios de politique avec le modèle.

Ces simulations expliquent également comment ISEEM peut être amélioré davantage. Dans le scénario sur la navette, le chômage a été modélisé d'une manière différente, avec un lien vers les coûts de recherche de travail ainsi que de la productivité marginale du travail. Dans le scénario de l'utilisation du sol, nous avons démontré que la modélisation d'un stock entièrement exogène de sol et de bâtiments peut entraîner quelques problèmes.

Les tests dont le modèle se rapproche le plus de la 'politique réelle' sont les scénarios du NOx et de la taxe sur le transport. Le scénario du NOx a été présenté par le comité de suivi comme une politique intéressante en cours de discussion, que nous avons ensuite appliquée dans ISEEM. Outre les résultats d'une taxe 'basse' sur les émissions, cette simulation traite la redistribution des revenus tirés de la taxe et les possibilités d'un double dividende.

La simulation de la taxe sur le transport était initialement basée sur un scénario de taxe kilométrique avec REMOVE, qui a ensuite été simplifié en une taxe sur le transport pour les producteurs et les consommateurs en Belgique. La simulation donne une idée des conséquences économiques indirectes de la taxe et de l'effet sur l'émission de substances polluantes. En outre, la possibilité d'une redistribution des revenus de la taxe via les cotisations de sécurité sociale a

été simulée. Cela aboutit à un solide double dividende. Il est cependant possible que ce résultat ne soit pas totalement réaliste, en raison d'une certaine inflexibilité du capital au sein du modèle. Une conclusion similaire a été tirée à la fin du scénario NOx.

En aucun cas, nous ne prétendons que notre modèle contient la vérité ultime dans le domaine de la modélisation appliquée. Le champ des modèles économiques s'élargit de manière toujours plus rapide ; de même, notre intérêt et notre expérience dans l'application de ces modèles ont grandi. Nous estimons qu'ISEEM fournit une contribution importante dans le domaine de la modélisation économique, certainement au sein du contexte belge. Le modèle est suffisamment complexe pour tester un nombre étendu de mesures de politique différentes, il intègre et étalonne un ensemble de données très complet sur le revenu et les dépenses des pouvoirs publics régionaux et nationaux, la production régionale, la consommation, le marché du travail, les taxes, les émissions et l'utilisation du sol. Nous pensons que ce modèle peut être utilisé et encore amélioré par des chercheurs intéressés par les modèles d'équilibre régional et peut être utilisé pour se faire une meilleure idée de la politique en matière de durabilité.

Pour éviter que la poursuite du travail sur le modèle ne devienne chaotique et difficile à comprendre et pour donner au lecteur une plus grande compréhension du modèle, le dernier chapitre est consacré à la réalisation du modèle dans le code GAMS. Dans cette partie, un certain nombre de conseils de base et de règles sont également expliqués, comme script pour des extensions supplémentaires du modèle. En outre, nous donnons également quelques indications sur le débogage du code pour utilisation ultérieure.

Nous espérons sincèrement que ce rapport ainsi que la bibliographie conduiront à un travail de suivi sur ISEEM ou des modèles liés. Nous espérons également que le rapport est en mesure de donner des informations sur les applications et la structure des modèles d'équilibre généraux.