



**Deuxième Plan d'appui scientifique à une politique de développement durable /
Volet 1 : Modes de production et de consommation durable
Cluster « Modèles »**

**Tweede Plan voor wetenschappelijke ondersteuning van een beleid gericht op duurzame
ontwikkeling / Deel 1 : Duurzame productie- en consumptiepatronen
Cluster « Modellen »**

**Séminaire – Seminarie
28 mars 2003 - 28 maart 2003**

**Modèles de simulation en appui à la politique climatique belge
Simulatiemodellen ter ondersteuning van het Belgisch
klimaatbeleid**

BACKGROUND DOCUMENT – DRAFT



SPECIFIEKE BELEIDSONDERSTEUNENDE MODELLEN / MODELES SPECIFIQUES D'APPUI A LA DECISION

➤ **CLIMNEG** **J. Eyckmans** **KULeuven-CES-ETE**

Algemene context

- Naam van het model?
CLIMNEG WORLD SIMULATION (CWS) MODEL

- Op welke economische theorie is het model gestoeld?
*Microeconomie (optimalisatie)
Macro-economie (groeitheorie, sterk geaggregeerde variabelen)
Milieu-economie (externaliteiten)*

- Hoe kan u het model het best typeren?
 - o Is het model eerder macro of micro-economisch georiënteerd?
*MICRO qua methodologie (optimalisatie)
MACRO in de zin van sterk niveau van aggregatie, dwz CWS model beschouwt de CO₂ emissies van de EU15 versus USA etc.*

 - o Is het model bottom-up of top-down van constructie? Is volgens u dit onderscheid nog relevant?
Het CWS model onderscheid geen individuele technologieën om CO₂ emissies te reduceren en is in die zin een top down model.

 - o Over welke tijdshorizon kan het model projecteren (waarom en met welke tijdsintervallen)?
*1 tijdsinterval bestrijkt 10 jaar (is aanpasbaar).
Typische simulatiehorizon: 35 tijdsintervallen of 350 jaar.*

 - o Wat is het basis- of referentiejaar?
1990

- Voor welk gebruik werd het model initieel ontwikkeld?
*Voor de geïntegreerde analyse van de interactie tussen klimaat en de wereldeconomie op zeer lange termijn (enkele eeuwen). Het CWS model heeft een endogene feedback tussen de emissies van CO₂, de accumulatie van CO₂ in de atmosfeer en de resulterende temperatuursverandering enerzijds en de economische schade als gevolg van klimaatverandering anderzijds.
De belangrijkste toepassing van het model is speltheoretische analyse van klimaatonderhandelingen, meer in het bijzonder post-Kyoto klimaatbeleid.*
 - o Voorbeeld van vroeger eigenlijk gebruik
 - *Analyse van de interne stabiliteit van het Kyoto Protocol, zie:
Eyckmans, J., 2001, On The Farsighted Stability Of The Kyoto Protocol
CLIMNEG Working Paper 40*
 - *Interaction CO₂ (global warming) and SO₂ emissions (regional cooling)*



because of sulphate aerosols), zie:

Eyckmans, J. And Bertrand, C., 2000, Integrated Assessment Of Carbon And Sulphur Emissions, Simulations With The CLIMNEG Model ,CLIMNEG Working Paper 32

- *Game theoretic analyses of international environmental agreements:*

Eyckmans and Finus (2003), Coalition Formation in a Global Warming Game: How the Design of Protocols Affects the Success of Environmental Treaty Making, mimeo

Eyckmans, J. and Tulkens, H., 1999, Simulating coalitionally stable burden sharing agreements for the climate change problem, CLIMNEG Working Paper 18

- o Voorbeelden van vroeger oneigenlijk gebruik

Geen voorbeelden bekend.

- Wanneer zijn de gegevens waarop het model berust voor het laatst substantieel bijgewerkt? Is daarbij gezocht naar een harmonisatie met de gegevens gebruikt in de projecties gemaakt door de EU met het POLES en het PRIMES model?
Laatste substantiële bijwerking van de gegevens vond plaats in 2000. Momenteel wordt in het kader van DWTC-PODO-II gewerkt aan een update van het model en de afstemming op de SRES scenario's van IPCC (2000). De link met EU projecties werd niet gemaakt omdat die projecties slechts over een heel kort tijdsinterval gaan in vergelijking met de 350 jaar van het CWS model.
- Hoe is technologische vooruitgang gemodelleerd?
Technologische vooruitgang met betrekking tot de productie en de emissie-output coëfficiënten is exogeen in het model maar het ritme ervan is regionaal verschillend..
De gegevens voor de projecties van technologische vooruitgang zijn gebaseerd op Nordhaus en Yang (1996), a regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies, american economic review 86, 741-65.
- Zijn de gegevens genormaliseerd voor de temperatuur of niet?
Nee.
- Wat is de regionale desaggregatie van het model en laat het model een regionale verdeling van emissies toe?
Het model onderscheid 5 wereldregio's: USA, Japan, EU15, China, FSU (Former Soviet Union), ROW (Rest Of the World).

Voorstelling van de sectoren en soorten emissies

- Welke sectoren worden voorgesteld?
CWSM is een 1-sector model, er wordt slechts 1 goed geproduceerd dat tevens het consumptiegoed en investeringsgoed voorstelt.
- Hoe wordt de transportsector voorgesteld (passagiers, vracht, luchtvaart, maritiem, enz.)?
De transportsector wordt niet afzonderlijk voorgesteld in het CWS model.



- Hoe wordt de productie van elektriciteit voorgesteld?
De electriciteitsproductie wordt niet afzonderlijk voorgesteld in het CWS model.

- Welke emissiebronnen en –putten worden weerhouden voor iedere gemodelleerde sector (energie-gerelateerde, procesgebonden, biosfeer), en welke directe (de 6 gassen uit Kyoto) en indirecte broeikasgassen (CO, VOC, NOx, enz.) worden daarbij voorgesteld?
Enkel energie-gerelateerde CO₂ emissies (endogeen) plus exogene CO₂ emissies als gevolg van ontbossing worden per regio gemodelleerd..
Er bestaat ook een versie van het CWS model die de interactie tussen sulfaat aërosols en CO₂ emissies bestudeerd, zie Eyckmans en Bertrand (2000), op. cit.
Momenteel wordt in het kader van een DWTC-PODO-II project gewerkt aan een uitbreiding van het CWS model met niet-CO₂ emissies van de landbouw (methaan en N₂O).

- Welke verschillende emissiereductietechnologieën kunnen worden voorgesteld (cogeneratie, etc....) ?
Het CWS model onderscheid geen individuele emissiereductietechnieken. Elke regio wordt gekenmerkt door een specifieke CO₂ emissiereductiekostencurve waarvan de parameters overgenomen werden uit Nordhaus en Yang (1996) op. cit.
Achter deze kostenfunctie zit een veronderstelling dat in elke regio op een kostenefficiënte wijze emissiereducties gealloceerd worden over de nationale sectoren.
Momenteel wordt in het kader van een DWTC-PODO-II project gewerkt aan nieuwe emissiereductiekostencurves die gebaseerd zijn op simulatie-experimenten met het GEM-E3 World model.

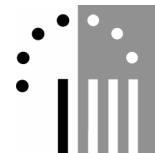
- Kan het model elementen aanbrengen voor het uitwerken van een optimaal emissiereductiebeleid dat meerdere broeikasgassen omvat (multi-polluentenbeleid)?
De basisversie van het model bekijkt enkel CO₂ emissies.
Er bestaat echter ook een versie die de interactie tussen CO₂ en SO₂ emissies (global warming versus regional cooling) bestudeerd, zie Eyckmans and Bertrand (2000) op. cit.
De nieuwe versie zal meerdere pollutanten tezamen bekijken (CO₂, methaan en N₂O).

Effecten van maatregelen

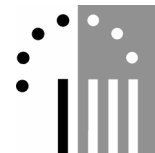
- Van welke beleidsinstrumenten kunnen de effecten worden doorgerekend?
 - o Fiscale instrumenten (milieuheffingen, subsidies, arbeidslasten, ...),
enkel globale of regionale koolstofbelastingen, geen arbeidslasten of indirecte belastingen.

 - o Verhandelbare emissierechten (nationale, Europese en internationale emissiehandel, JI en CDM),
emissiehandel en JI EN CDM

 - o Instrumenten van directe regulering
Directe emissienormen.



- Communicatieve instrumenten (informatie/sensibilisering)
Nee.
 - Vrijwillige overeenkomsten/convenanten (per industrie of per sector)
Niet expliciet, het is evenwel mogelijk om vrijwillige overeenkomsten als een maatregel in de kostenfunctie te integreren.
 - Onderzoek & ontwikkeling
Enkel exogene veranderingen in de groei van technologische vernieuwing.
 - Vrijmaking van de energiemarkten
Niet expliciet gemodelleerd in CWS model.
 - Maatregelen voor aanpassing aan klimaatverandering
Niet expliciet gemodelleerd in CWS model.
- Hoe wordt de Kyotodoelstelling in het model geïntroduceerd (shadow price)?
*De basisversie van CWS berekent een optimale emissiereductie-inspanning voor eender welke coalitie (bvb. de Kyoto groep) en een efficiënte allocatie van die inspanning over de groepsleden.
Er kan echter ook een exogeen objectief worden vastgelegd (bvb. min 5% voor Kyoto groep).
De eerste verbintenisperiode van het Kyoto Protocol (2008-2012) is slechts de eerste van de 35 decennia die in het CWS model gesimuleerd worden. Bijgevolg moet het CWS model op een andere manier de emissiereductie-inspanningen bepalen.*
- Volgens welke methode gebeurt de berekening van de effecten van maatregelen? Kunnen deze zowel afzonderlijk als gezamenlijk worden berekend? Hoe wordt dubbelrekening vermeden?
Alle maatregelen zitten vervat in de emissiereductiekostenfunctie en kunnen bijgevolg niet uitgesplitst worden in individuele maatregelen.
- Wordt rekening gehouden met (positieve en negatieve) terugkoppelings-effecten van de maatregelen op het niveau van de gehele economie?
*Op dit moment wordt daarmee niet expliciet rekening gehouden.
De nieuwe versie van het CWS model zal echter een aantal sets van kostenfuncties bevatten waarbij elke set gekenmerkt wordt door specifieke terugkoppelingsmechanismen. Bvb. de invoering van een CO₂ belasting plus een reductie van de arbeidslasten.*
- Kan het model een onderscheid maken tussen veranderingen in emissies die veroorzaakt worden door technologische vooruitgang en door structurele veranderingen in de economie?
Niet expliciet aangezien het een 1-sector model is. Impliciet zit echter economische structuurveranderingen vervat in de exogene evolutie van de emissie-outputcoëfficiënten.
- Kan het model bepalen welke de rol is van substitutie tussen brandstoffen in de verandering van emissies?
Niet expliciet aangezien het hoog niveau van abstractie maar opnieuw is dit een



maatregel die in de emissiereductie-kostenfunctie vervat moet zitten.

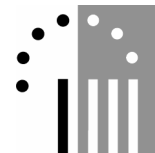
- Kan het model, naast een evaluatie ex-ante, ook worden gebruikt voor een ex-post evaluatie van de effecten van maatregelen? Hoe gebeurt dit of hoe zou dit in de toekomst kunnen gebeuren?
Het is mogelijk ex post emissiereducties te fixeren en de kosten en baten daarvan te vergelijken.

Kosten

- Hoe gedetailleerd gebeurt de berekening van de kosten van de maatregelen (hoe wordt de verdeling over de verschillende actoren bepaald)?
*Aangezien er slechts 1-sector is, kan het model geen verdeling over actoren binnen 1 regio genereren. De assumptie achter de kostenfunctie in de huidige versie van het CWS model is wel dat deze verdeling over de actoren binnen 1 regio op kostenefficiënte wijze gebeurt.
De nieuwe versie van het CWS model zal echter een aantal sets van kostenfuncties bevatten waarbij elke set gekenmerkt wordt door specifieke assumpties met betrekking tot de regionale efficiëntie van de reductie-inspanningsverdeling (bvb. 100% efficiëntie als gevolg van een uniforme regionale CO₂ taks versus een inefficiënte uniforme allocatie van de inspanningen in 1 regio).*
- Welke definitie wordt gehanteerd voor deze kosten (administratieve kosten, investeringskosten, welvaartskosten)?
Investerings- plus welvaartskosten (verliezen aan consumentensurplus worden gewaardeerd in de kostenfunctie, bovendien kan het globaal economisch consumptieniveau dalen als gevolg van het gevoerde klimaatbeleid. Deze daling van de aggregatieve consumptie wordt expliciet gewaardeerd via verliezen aan consumentensurplus.
- Integreert het model reductiemaatregelen tegen negatieve kosten (no-regret measures)? Zoniet, waarom?
Nee, aangezien het een (zeer) lange termijn model is, wordt er vanuit gegaan dat alle obstakels voor het nemen van rationele beslissingen met betrekking tot energie-efficiëntie automatisch genomen kunnen worden.
- Wordt rekening gehouden met effecten op import/export?
Deze effecten zitten impliciet vervat in de emissiereductie-kostenfunctie.

Gebruik van het model

- Kan het model worden ingezet bij de voorbereiding van het nationale allocatieplan (verdeling tussen sectoren en/of gewesten)?
Nee, wegens totaal andere tijdshorizon en geografische dimensie.
- Welke sensibele analyses worden op het model toegepast tijdens de projecties en de evaluatie van de effecten van maatregelen (illustreer aan de hand van enkele voorbeelden)?
Typische sensitiviteitsanalyses die uitgevoerd werden:



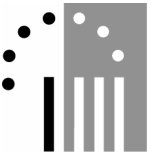
- * *Verandering discontovoeten regionale economieën*
 - * *Hogere schadekosten van klimaatverandering*
 - * *Alternatieve modellering van koolstofcyclus en temperatuursverandering.*
- Werden de onzekerheden en foutenmarge op de gebruikte gegevens gekwantificeerd en meegenomen in de presentatie van de resultaten?
In de huidige versie niet.

Verdere ontwikkelingen

- Welke ontwikkelingen zijn voorzien?
 - * *Regionale aggregatie verfijnen: 15 ipv 6 wereldregio's*
 - * *Opnemen van niet-CO₂ emissies afkomstig uit landbouw*
 - * *Gedetailleerde regionale datamodule om de basisdata van de 15 regio's op te bouwen.*
- Welke ontwikkelingen zijn gewenst?
Algemeen-evenwichtsversie met overlappende generaties (gepland).
- Welke ontwikkelingen zouden de relevantie van het model voor het besluitvormingsproces kunnen verhogen?
 - *Alternatieve assumpties met betrekking tot het politieke besluitvormingsproces in de verschillende regio's. Momenteel wordt er vanuit gegaan dat elke regio een klimaatbeleid voert dat de totale welvaart van de regio maximeert. Meer realistisch zou zijn om een politiek besluitvormingsproces te modelleren (bvb. meerderheidsbeslissingen etc.)*
 - *Modellering van het onderhandelingsproces (regels van ratificatie etc.) mee opnemen in het model.*

Informatie over het model

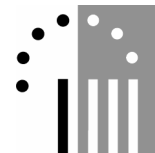
- Is het model op een website of in een toegankelijke publicatie omschreven?
Ja, het model is beschreven in verschillende onderzoekspaper, o.a. in EYCKMANS en TULKENS (1999) op cit. Deze papers zijn downloadable van de website: <http://www.climneg.be>
- Is het denkbaar dat andere onderzoekers voor hun wetenschappelijk onderzoek toegang zouden hebben tot de informaticacodes en de gegevensbanken?
Momenteel is de informaticacode (GAMS, General Algebraic Modelling System) van de basisversie van het CWS model reeds downloadable van de website: <http://www.climneg.be>
- Beschikt u over een lijst met parameters en endogene en exogene variabelen gebruikt in het model, en kan deze lijst worden verspreid? Indien deze lijst te lang is, kan u een schatting maken van het aandeel exogene variabelen ten opzichte van het aandeel endogene variabelen?
Ja, de variabelen en parameters zijn beschreven o.a. in EYCKMANS en TULKENS (1999).



Diverse

In uw hoedanigheid van modelbouwer, welke andere vragen die relevant zijn voor de ontwikkeling van een nationaal klimaatbeleid, verdienen volgens u te worden aangesneden door de gebruikers van de resultaten voortgebracht door uw model?

Volgens mij is het noodzakelijk te vertrekken van een aantal beleidsvragen om van daaruit gerichte vragen te kunnen stellen aan de modellen.



➤ **MacGEM/MacBank** **V. Van Steenberghe** **UCL-CORE**

Contexte général

- Quel est le nom du modèle ?
MACGEM et MACBANK
- Sur quel corpus théorique le modèle se base-t-il?
Microéconomie (maximisation d'utilité / minimisation de coûts).
- De quel type de modèle s'agit-il?
 - o Est-il orienté vers une approche macro, micro-économique ou une autre approche?
Micro
 - o Est-il construit selon un schéma *bottom-up* ou *top-down* ? Cette distinction est-elle encore pertinente?
La technologie n'est pas représentée dans ces modèles ; la distinction n'est donc pas pertinente.
 - o Sur quel horizon temporel s'effectuent les projections (pourquoi et avec quel pas de temps)?
Les modèles ne réalisent pas de projections
MACGEM représente la période 2008-2012
MACBANK considère jusqu'à 5 périodes de 5 ans chacune, la première étant 2008-2012
 - o Quelle est l'année de base ou de référence utilisée?
1995
- Pour quels usages principaux le modèle est-il conçu?

MACGEM : comprendre le fonctionnement du marché des permis pour la période Kyoto et son impact en termes d'émissions et de coûts ; principal avantage : flexibilité des hypothèses retenues.

MACBANK :

 - *Comprendre le fonctionnement du marché de permis pour la période Kyoto et son impact en termes d'émissions et de coûts.*
 - *Etudier l'effet de différentes structures de participation de pays pour les périodes post-Kyoto (engagement des USA, engagement des pays non-annexe B) sur les coûts et sur les émissions.*
 - *Etudier l'effet de différentes règles d'allocation de permis d'émission (égalitaire, grandfathering, etc ...) post-Kyoto sur les coûts et sur les émissions.*
 - *Etudier l'ampleur possible du banking (nombre de permis épargnés à chaque période d'engagement).*

MACBANK est un outil 'd'exploration' de ces effets post-Kyoto ; principal avantage : flexibilité.

 - o Exemples d'interprétation appropriée dans le passé
Divers scénarios (pouvoir de marché exercé par la Russie, l'Ukraine (et autres) durant Kyoto ; engagement des USA d'une part, des pays non-annexe B d'autre part ; diverses règles d'allocation des permis post-Kyoto).



- Exemples d'interprétation inappropriée dans le passé
Néant.
- De quand date la dernière mise à jour substantielle des données sur lesquelles le modèle s'appuie? Dans ce cadre, ya-t-il eu une comparaison avec les données utilisées dans le cadre des projections européennes à l'aide de POLES et PRIMES?
MACGEM : Septembre 2002
MACBANK : Juin 2002
- Comment le progrès technique est-il représenté dans le modèle?
Le progrès technique est implicitement contenu dans les courbes de coût (marginal) de réduction des émissions. Dans MACBANK (qui modélise plusieurs périodes), le progrès technique est aussi pris en compte par la variation des émissions de référence (exogènes) et par la forme de la courbe de coûts de réduction (exogène).
- Est-ce que les données utilisées sont normalisées en température ou non?
Pas de temperature.
- Quelle est la désagrégation régionale du modèle et comprend-il une représentation des émissions au niveau régional?
Les modèles comprennent les 15 régions suivantes :

| Code | name | Composition |
|------|--|--|
| J15 | European Union | |
| EU | other Europe | Iceland, Norway, Switzerland |
| EU | Eastern Europe and former Soviet Union | Bulgaria, Czech-Rep, Hungary, Poland, Romania, Slovak-Rep, Slovenia, former Soviet Union |
| JZ | Australasia | Australia, New Zealand |
| JP | Japan | |
| CN | Canada | |
| SA | USA | |
| ED | Mediterranean | Turkey, Morocco, Algeria, Egypt, Libya, Tunisia |
| EA | Middle East | Bahrain, Iran, Iraq, Israel, Jordan, Kuwait, Lebanon, Oman, Qatar, Saudi Arabia, Syria, United Arab Emirates, Yemen |
| FR | Africa | Angola, Benin, Botswana, Burkina-Fasso, Burundi, Cameroon, Cape Verde, Central African Republic, Chad, Comoros, Congo, Republic of Congo, Djibouti, Ethiopia, Gabon, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea Bissau, Ivory Coast, Kenya, Lesotho, Liberia, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritania, Mauritius, Mozambique, Namibia, Niger, Nigeria, Reunion, Rwanda, Senegal, Seychelles, Sierra-Leone, Somalia, South Africa, Sudan, Swaziland, Tanzania, Togo, Uganda, Zambia, Zimbabwe |
| HI | China | China, Hong Kong |
| DI | India | |
| ASIA | Asia | South Korea, Indonesia, Malaysia, Philippine, Singapore, Thailand, Vietnam, Taiwan, Sri-Lanka, Bangladesh, Nepal, Pakistan |
| AM | South America | Costa-Rica, Cuba, Dominican Republic, El Salvador, Guatemala, Haiti, Honduras, Jamaica, Antilles, Nicaragua, Panama, Trinidad-Tobago, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador, Peru, Argentina, Brazil, Chile, Uruguay, Paraguay |
| OW | rest of world | |

Représentation des secteurs, des technologies et des types d'émissions

- Quels secteurs sont représentés?
Il n'y a qu'un seul secteur ('énergie').
- Quelle type de représentation est proposée pour le secteur des transports (passagers, fret, aérien, maritime, etc.)?



Le secteur des transports n'est pas modélisé.

- Quelle type de représentation est proposée pour le secteur de la production d'électricité?

Le secteur de l'électricité n'est pas modélisé.

- Quelles sources et puits de gaz à effet de serre sont représentés dans les différents secteurs (énergie, processus,...) et quels gaz à effet de serre directs (les 6 gaz Kyoto) et indirects (CO, COV, NOx, etc.) sont pris en compte?

Seuls gaz à effet de serre (GES) pris en compte pour le moment : CO₂ d'origine énergétique.

Intention d'intégrer d'autres GES (méthane et N₂O).

- Quels types de technologies de réduction des émissions sont représentés (cogénération, etc...)?

Les technologies sont implicitement reprises dans les courbes de coût (marginal) de réduction des émissions de CO₂ calculées au départ de GEM-E3-WORLD (voir ce modèle).

- Le modèle permettrait-il de fournir des éléments pour l'élaboration de choix optimaux dans une politique de réduction intégrant plusieurs gaz à effet de serre ? (politique multi-gaz)

Non puisque seules les émissions de CO₂ d'origine énergétique sont représentées.

Effets des mesures

- Les effets de quels instruments peuvent-ils être étudiés :
 - o Mesures fiscales (taxes environnementales, subsides, charges sur le travail...),
Taxes environnementales uniquement.
 - o Echanges d'unités d'émission (au niveau national, européen et mondial via les mécanismes JI et CDM),
Emissions trading, JI et CDM, au niveau mondial seulement.
 - o Dispositions réglementaires
Plafonds d'émission de CO₂ uniquement.
 - o Initiatives de communication (information/sensibilisation)
Non.
 - o Accords négociés (par industrie ou par secteur)
Non (sauf si des plafonds explicites sont négociés).
 - o Initiatives de recherche et développement
Non (sauf de manière exogène).
 - o Libéralisation du marché de l'énergie
Non (pas de marché de l'énergie).
 - o Mesures d'adaptation au changement climatique
Non.



- Comment l'objectif de Kyoto est-il appliqué au modèle (shadow price, ...)?
Les pays (participants) de l'annexe B au Protocole reçoivent – explicitement – des permis d'émission (assigned amount units).
Note : afin de modéliser le 'CDM', on considère que les pays non-membres de l'annexe B reçoivent des permis à concurrence de leurs émissions de référence (BAU) ; leur offre de permis (credits) est alors limitée par un facteur d'accessibilité et les échanges de ces permis (credits) engendrent des coûts de transaction.

- Les effets des mesures peuvent-ils être analysés par mesure et de façon intégrée ?
Comment sont traités les double comptages?
On peut analyser mesure (instrument) par mesure. Pas de possibilité de réaliser de double comptage.

- Est-il tenu compte de rétroactions (positives et négatives) des mesures prises sur l'ensemble de l'économie et éventuellement au-delà ?
Dans MACGEM : Non
Dans MACBANK : l'effet d'une mesure à une période donnée influence le prix des permis à cette période et aux autres périodes via le mécanisme de l'épargne si ce dernier est actif. Le changement éventuel du prix des permis affecte alors les décisions d'échanges de permis et les coûts de réduction des émissions (et, par là, le niveau du PIB).

- Le modèle permet-il de distinguer les changements d'émissions liés aux progrès technologiques par rapport aux variations liées à une évolution structurelle de l'économie?
Non.

- Le modèle peut-il estimer le rôle des substitutions de combustibles dans l'évolution des émissions?
Non (pas explicitement ; les substitutions sont implicitement prises en compte dans la fonction de coût de réduction d'émissions).

- Est-ce que le modèle, après évaluation ex ante, peut également être utilisé pour une évaluation ex post des effets des mesures ? Si oui, comment l'exercice est-il ou serait-il mené ?
Non.

Coûts

- Avec quel niveau de détail le calcul des coûts des mesures est-il représenté ? (comment la répartition entre acteurs est-elle établie?)
Il n'y a qu'une courbe de coût de réduction des émissions par région. L'hypothèse principale sous-jacente à la construction des courbes de coût de réduction par région est la répartition efficace des efforts de réduction au sein de chaque région, c'est à dire qu'il y a égalisation des coûts marginaux de réduction des émissions entre tous les secteurs (modélisés dans GEM-E3-WORLD) au sein de chaque région. Des courbes de coût de réduction par région ont également été calculées sous l'hypothèse d'une répartition proportionnelle (même pourcentage de réduction, et donc inefficacité) dans chaque secteur au sein d'une même région.



- Quelle définition des coûts est entendue? (coûts administratifs, coûts d'investissement, variation du bien être ou de l'utilité)
Perte de PIB.
- Le modèle intègre-t-il des mesures de réductions à coût négatif (no-regrets measures) ? Si non, pourquoi ?
Non, car les courbes de coût de réduction des émissions proviennent du modèle d'équilibre général GEM-E3-WORLD qui suppose la rationalité des agents économiques, C-A-D que si des no-regret mesures existent, les agents ont déjà prises.
- Est-il tenu compte d'effets liés aux exportations et importations ?
Implicitement dans les courbes de coût de réduction (note : le commerce international n'est pas modélisé).

Utilisation du modèle

- Le modèle peut-il servir dans le cadre de la préparation des plans d'allocations (répartition entre secteurs et/ou entre régions)?
Non.
Note : MACBANK peut servir à explorer l'impact divers modes de repartition d'objectifs de réduction post-Kyoto entre régions du monde (le monde est divisé en 15 régions).
- Quels sont les tests de sensibilité qui sont menés sur le modèle en projection et lors de l'évaluation des mesures (donnez des exemples)?
MACGEM : Tests sur les courbes de coût de réduction, sur le facteur d'accessibilité permettant de modéliser le CDM (voir ci-dessus), sur les émissions de référence ;
MACBANK : Idem + tests sur le taux d'actualisation, sur le progrès technologique (exogène).
- Est-ce que les incertitudes et la marge d'erreur sur les données utilisées sont quantifiées et prise en compte dans la présentation des résultats ?
Oui, via les analyses de sensibilité.
Note : MACGEM et surtout MACBANK étant des modèles à vocation 'exploratoire' (nombreux scénarios de participation, d'objectif de réduction post-Kyoto), il est essentiel de pouvoir mener facilement des analyses de sensibilité.

Développements

- Quels sont les développements planifiés ?
Introduction des émissions non-CO₂ (méthane et N₂O).
- Quels sont les développements souhaités ?
Une modélisation endogène du progrès technique dans MACBANK.
- Quels seraient les développements possibles pour améliorer la pertinence du modèle dans le processus de prise de décision ?
La mise à disposition des modèles (très simples à utiliser aux décideurs ; à ce propos, une version 'excel' de MACGEM est disponible : le modèle MACBANK



étant plus complexe dans sa structure, sa mise à disposition sous forme d'une interface simple est envisagée.

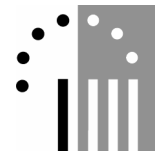
Information sur le modèle

- Le modèle est-il décrit sur un site web ou dans une publication disponible ?
*MACGEM est disponible sur le web dans le format excel à l'adresse <http://www.climneg.be>, sa description est fournie dans le CLIMNEG working paper N° 48, disponible sur le même site web ;
MACBANK est décrit dans le CLIMNEG working paper N° 51, également disponible sur le même site web.*
- L'accès au code informatique et aux banques données est-il envisageable par d'autres équipes pour des objectifs de recherche?
*Oui, sur simple demande (MACGEM fonctionne sur excel, GAMS et MATLAB ;
MACBANK fonctionne sur MATLAB).*
- Disposez-vous et diffusez-vous la liste des paramètres et variables endogènes et exogènes utilisées dans votre modèle ? Si cette liste s'avérait fort longue, pourriez-vous estimer la proportion de variables exogènes par rapport aux variables endogènes ?
Oui, toutes ces informations sont disponibles (voir ci-dessus).

Autres

De votre point de vue de modélisateur, quels aspects, pertinents pour l'élaboration de politiques climatiques, mériteraient d'être abordés par les utilisateurs dans leur analyse des résultats et sont insuffisamment abordés dans les questions reprises ci-dessus ?

La question de l'incertitude ... (vaste programme). Les utilisateurs devraient être particulièrement attentifs – et demandeurs – d'analyses de sensibilité aux principaux paramètres.



MODELES MACROECONOMIQUES SECTORIELS / SECTORALE MACRO-ECONOMISCHE MODELLEN

➤ HERMES F. Bossier Bureau fédéral du Plan

Algemene context

- Naam van het model?
HERMES (Harmonized European Research for Macrosectoral and Energy Systems).

Type model ; Tijdshorizon ; Economische theorie ;

HERMES (Harmonized European Research for Macrosectoral and Energy Systems) is het macro-sectorale model dat door het Federaal Planbureau (FPB) gebruikt wordt voor korte- en middellangetermijnanalyses op nationaal vlak. De simulatieperiode varieert al naargelang van de oefening van 1 tot 12 jaar. Het model sluit aan bij de traditie van de econometrische jaarmodellen, die gebaseerd zijn op tijdreeksanalyse. Door het gedesaggregeerde karakter van het model kunnen verschuivingen tussen de sectoren worden beschreven en de verschillende effecten van maatregelen of externe schokken op de afzonderlijke bedrijfstakken tot uiting komen. HERMES is een hoofdzakelijk vraag bepaald model, al spelen ook aanbodaspecten een belangrijke rol. Zo wordt de activiteit van de bedrijfstakken vooral door de vraagzijde bepaald, maar er worden ook neoklassieke aanbodelementen toegevoegd, o.m. bij de optimalisering van de productiewijze (factorcombinatie die de productiekosten minimaliseert).

Modelstructuur

De huidige modelversie bestaat uit ongeveer 3800 vergelijkingen en 600 exogenen. De omvang van het model heeft enerzijds te maken met de graad van desaggregatie en anderzijds met de aanwezigheid van niet-econometrische vergelijkingen (identiteiten, technische vergelijkingen en tussendefinities). Het model bevat ongeveer 450 regressievergelijkingen. Meestal wordt bij de regressie-analyse van de tijdreeksen gebruik gemaakt van foutencorrectiemechanismen. Die aanpassingsmechanismen laten toe om verschillen tussen de feitelijke en de langetermijn evenwichtsniveaus van de te verklaren variabelen in een bepaald jaar gedeeltelijk te corrigeren in het daaropvolgende jaar.

Op het vlak van de institutionele sectoren maakt HERMES het onderscheid tussen 5 agenten: huishoudens, izw's, ondernemingen, overheid en het buitenland. Het economische proces in de privésector wordt beschreven op het detailniveau van 11 bedrijfstakken. Het model onderscheidt 15 consumptie categorieën (waarvan er 3 nog verder zijn opgesplitst). De samenstelling van de consumptie hangt af van de verschillende directe en kruiselingse prijs- en inkomenselasticiteiten. De verschillende soorten van energieverbruik van de gezinnen (verwarming, elektriciteit en transport) worden onderscheiden. Verder onderscheidt het model 4 soorten van productiefactoren en 8 soorten van energieproducten. Technologische vooruitgang zit exogeen vevat in de productiefuncties.

De ontwikkelingen binnen - en de interacties tussen - de verschillende institutionele sectoren en de bedrijfstakken zijn uitgebreid gemodelleerd, waarbij tevens gebruik wordt gemaakt van de meest recente input-outputgegevens (momenteel 1995). De onderlinge samenhang heeft ondermeer te maken met het intermediair verbruik,



want elke bedrijfstak heeft intermediaire inputs nodig, geleverd door de tak zelf en andere bedrijfstakken. Idem voor de finale bestedingen, zoals bijvoorbeeld de particuliere consumptie en de ondernemingsinvesteringen. Door aggregatie van de verschillende resultaten van de sectoren of bedrijfstakken, krijgen we een beeld van de prestaties van de Belgische economie op macro-economisch vlak.

- Voor welk gebruik werd het model initieel ontwikkeld?
HERMES wordt zowel gebruikt voor vooruitzichten als voor variantanalyse. De middellangetermijnvooruitzichten worden door het FPB één maal per jaar gepubliceerd in april/mei en voorgesteld in de Centrale Raad voor het Bedrijfsleven. De periode slaat op de jaren t tot $t+5$ ¹. De vooruitzichten die binnen een paar maanden worden voorgesteld zullen bijgevolg de periode 2003-2008 behandelen. Naast vooruitzichten wordt het model aangewend voor variantanalyse. Daarbij worden de effecten berekend van eventuele wijzigingen in het economisch beleid of van exogene schokken. Voorbeelden van exogene schokken zijn een appreciatie van de dollar en een olieprijschok. Beleidsvarianten hebben o.m. te maken met maatregelen op het vlak van overheidsinvesteringen, sociale uitkeringen, BTW, werkgevers- en werknemersbijdragen en personenbelastingen. Het Federaal Planbureau heeft recent ook analyses gepubliceerd i.v.m. de effecten van fiscale en niet-fiscale maatregelen op de energieconsumptie en op de uitstoot van broeikasgassen (zie infra).

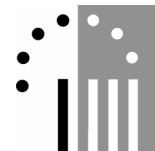
Actualisering van het model

Het model is geschikt voor beleidsgebruik omdat de databank jaarlijks wordt vernieuwd. De gegevens zijn immers grotendeels gebaseerd op de Nationale Rekeningen. Dat geeft meestal aanleiding tot herschattingen (afhankelijk van de mate waarin tijdreeksen herzien werden). De jongste jaren wordt het model bijna continu herschat. Naast herzieningen van specificaties of modeluitbreidingen is dat het gevolg van de invoering van het nieuwe systeem van nationale rekeningen ESR95, nieuwe input-outputinformatie en de omzetting van de gegevens in euro. De nieuwe middellangetermijnprojectie 2003-2008, die in mei 2003 wordt gepubliceerd, zal gebaseerd zijn op een volledig herziene databank (tot 2001, het laatst beschikbare jaar in de huidige nationale rekeningen) en op een volledig herschat model.

Harmonisatie met de projecties gemaakt door de EU, POLES, PRIMES;

Aangezien het verband tussen economie en energie expliciet is gemodelleerd, worden niet alleen vooruitzichten gemaakt voor de klassieke indicatoren van groei, prijzen en werkgelegenheid, maar worden ook energie- en milieuaspecten behandeld, zoals de energie-intensiteit van het bbp en de uitstoot van broeikasgassen. Inzake energie houdt de basisprojectie rekening met de beschikbare internationale gegevens uit het POLES en het PRIMES-model, o.m. op het vlak van energieprijzen en de structuur van de elektriciteitsproductie. Ook op het vlak van de energievraag worden de (endogene) resultaten van HERMES getoetst aan de resultaten van de internationale modellen.

¹ De projectieperiode van 6 jaar wordt doorgaans verlengd (tot in totaal 10 à 12 jaar) wanneer het model gebruikt wordt om de toekomstige evolutie te ramen van de broeikasgassen en om het effect van beleidsmaatregelen te schatten die gericht zijn op de vermindering van de uitstoot van die gassen.



Modellering van technologische vooruitgang; normalisatie van temperatuur; regionale verdeling van emissies

Comme il y est fait allusion plus haut, le progrès technique est introduit sous forme exogène, dans les différentes fonctions de production du modèle. On notera également que les données ne sont pas normalisées en température. En projection, on utilise une moyenne des degrés-jours calculée sur les 15 dernières années. Enfin, le modèle ne fait pour l'instant, l'objet d'aucune désagrégation régionale.

Voorstelling van de sectoren en soorten emissies

- Welke sectoren worden voorgesteld ?

Sectoren in Hermes

In Hermes worden 13 verschillende sectoren onderscheiden, waarvan de inhoud wordt beschreven in de tweede kolom van onderstaande tabel:

| | |
|---|--|
| 1. Landbouw | <ul style="list-style-type: none"> - Producten van de landbouw, jacht, bosbouw - Visserij |
| 2. Energie | <ul style="list-style-type: none"> - (Steenkool en bruinkool; turf; ruwe aardolie en aardgas; uranium en thorium) - Cokes, geraffineerde aardolieproducten en splijt- en kweekstoffen - Elektriciteit, gas, stoom en warm water |
| 3. Intermediaire goederen | <ul style="list-style-type: none"> - Metaalertsen en andere delfstoffen - Chemische produkten en synthetische of kunstmatige vezels - Overige niet-metaalhoudende minerale produkten - Metalen in primaire vorm en produkten van metaal |
| 4. Uitrustingsgoederen | <ul style="list-style-type: none"> - Machines, apparaten en werktuigen n.e.g. - Elektrische en optische apparaten en instrumenten - Transportmiddelen |
| 5. Verbruiksgoederen | <ul style="list-style-type: none"> - Voedings- en genotmiddelen - Textiel en textielprodukten - Leder en lederwaren - Hout en produkten van hout - Pulp, papier en papierwaren; drukwerk en dergelijke - Producten van rubber of kunststof - Overige goederen en produkten n.e.g. |
| 6. Bouw | - Bouwnijverheid |
| 7. Transport en Communicatie | - Vervoer, opslag en communicatie |
| 8. Handel en Horeca | <ul style="list-style-type: none"> - Groothandel en detailhandel; reparatie van motorvoertuigen, motorrijwielen en persoonlijke en huishoudelijke artikelen - Hotels en restaurants |
| 9. Krediet en Verzekeringen | - Diensten van financiële instellingen |
| 10. Gezondheidszorg en Maatschappelijke dienstverlening | - Gezondheidszorg en Maatschappelijke dienstverlening |



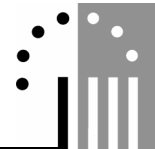
| | |
|---------------------------------|--|
| 11. Overige marktdiensten | - Exploitatie van en handel in onroerend goed, verhuur en zakelijke dienstverlening - Overige gemeenschapsvoorzieningen en sociale en persoonlijke diensten |
| 12. Algemene Overheidsdiensten | - Openbaar bestuur en defensie ; verplichte sociale verzekering - Onderwijs |
| 13. Niet-verhandelbare diensten | - Diensten van werknemers in particuliere huishoudens |

- Hoe wordt de productie van elektriciteit voorgesteld?
De totale elektriciteitsproductie wordt verklaard door de evolutie van de totale vraag naar elektriciteit en door de verhouding van de elektriciteitsproductiekost in België t.o.v. de prijs van de totale elektriciteitsbronnen inclusief import, zie Working Paper 5-00, A description of the Hermes II model for Belgium, juli 2000, p. 45.
De verdere allocatie van de totale productie over de verschillende vormen van elektriciteitsproductie is exogeen. De hypothesen i.v.m. de elektriciteitsproductie stemmen overeen met het indicatief tienjarenprogramma van de productiemiddelen voor elektriciteit, opgesteld ingevolge de wet van 29 april 1999 door de CREG, in samenwerking met de Administratie voor Energie van het federaal Ministerie van Economische Zaken.

- Welke emissiebronnen en –putten worden weerhouden voor iedere gemodelleerde sector (energie-gerelateerde, procesgebonden, biosfeer), en welke directe (de 6 gassen uit Kyoto) en indirecte broeikasgassen (CO, VOC, NO_x enz.) worden daarbi voorgesteld?
De zes directe broeikasgassen in het kader van het Protocol van Kyoto werden in Hermes gemodelleerd. Het betreft koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), distikstofoxide (N₂O), hydrofluorkoolwaterstoffen (hfc's), perfluorkoolwaterstoffen (pfc's) en zwavelhexafluoride (SF₆). De uitstoot van indirecte broeikasgassen is niet opgenomen in het model.

De energiegebonden emissies worden per sector berekend op basis van de respectievelijke energieconsumptie. De emissies tengevolge van industriële processen worden berekend op basis van de productie in de respectievelijke sectoren. De emissies afkomstig van landbouw en afval houden rekening met de beleidsmaatregelen i.v.m. de afbouw van de emissies. De onderstaande tabel geeft schematisch de bronnen en de sectoren waarvan de in Hermes gemodelleerde emissies afkomstig zijn weer.

| | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|--|
| 1. Energie | | | | |
| | Verbranding van brandstoffen | | | |
| | | Transformatie-sector | | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |
| | | Industrie | | |
| | | | Intermediaire goederen | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |
| | | | Investeringsgoederen | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |
| | | | Verbruiksgoederen | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |
| | | | Bouw | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |



| | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------------|--|
| | | Transport | | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |
| | | Andere sectoren | | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |
| | | | Diensten | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |
| | | | Gezinnen | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |
| | | | Landbouw | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |
| | Vluchtige emissies | | | CH ₄ |
| 2. Industriële processen | | | | |
| | | | Intermediaire goederen | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, hfc, sf ₆ |
| | | | Investeringsgoederen | CO ₂ , hfc, sf ₆ |
| | | | Verbruiksgoederen | CO ₂ |
| | | | Energiesector | CO ₂ |
| 3. Landbouw | | | | CH ₄ , N ₂ O |
| 4. Afval | | | | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O |
| Totaal | | | | |

- Welke verschillende emissiereductietechnologieën kunnen worden voorgesteld (cogeneratie, etc. ...).

De emissiereductietechnologieën kunnen in het model voorgesteld worden enerzijds door de technologieën gebruikt voor de elektriciteitsproductie (productierendement), anderzijds via de koppeling van het model aan een ander model dat op gebied van technologieën verder is uitgewerkt zie Working Paper 9-01, Evaluatie van de impact van fiscale en niet-fiscale maatregelen op de CO₂-uitstoot, december 2001.

- Kan het model elementen aanbrengen voor het uitwerken van een optimaal emissiereductiebeleid dat meerdere broeikasgassen omvat (multipolluentenbeleid)?
De uitwerking van een optimaal keuzebeleid voor de emissiereductie van meerdere broeikasgassen is waarschijnlijk mogelijk via een koppeling van het model met een model dat micro-economisch verder is uitgewerkt.

Effecten van maatregelen

- Van welke beleidsinstrumenten kunnen de effecten worden doorgerekend?
Hermes est particulièrement bien adapté à l'étude de l'effet de politiques et mesures de type économiques, tels que l'utilisation d'instruments fiscaux. Moyennant une certaine adaptation, Hermes devrait pouvoir être utilisé pour étudier les conséquences de l'utilisation des instruments flexibles (permis d'émission, CDM,...). Par contre le modèle est moins ou peu adapté à l'étude d'instruments non économiques.
Exemples d'études récentes comportant l'utilisation d'instruments:
 - *Effets économiques de diverses modalités d'accroissement des taxes sur l'énergie en Belgique, novembre 2002 (à paraître en WP) ;*
 - *The impacts of energy and carbon taxation in Belgium, WP 2-02, février 2002;*
 - *Evaluation de l'impact des mesures fiscales et non fiscales sur les émissions de CO₂, WP 9-01, décembre 2001.*



Application de l'objectif de Kyoto; effets en retour des mesures; changements structurels ; effets liés à l'évolution technologique

L'objectif de Kyoto peut être introduit dans le modèle moyennant l'utilisation d'un « shadow price ».

Un avantage du modèle est de pouvoir calculer les effets des mesures, prises isolément ou considérées dans leur ensemble et de permettre une estimation des effets en retour de ces mesures sur l'ensemble de l'économie. Compte tenu de sa dimension structurelle, le modèle peut également étudier les modifications structurelles induites par cette politique. Par ailleurs, le modèle Hermes ne dispose pas à proprement parler d'une représentation spécifique des effets liés à l'évolution technologique. Néanmoins, le modèle a pu être utilisé pour étudier les conséquences de l'introduction de MTD (Meilleures Technologies Disponibles) en travaillant en mode lié avec un modèle technologique (le modèle EPM- voir l'étude de 2001).

Rôle des substitutions entre combustibles :

Un des atouts du modèle macro-sectoriel est d'intégrer un module énergétique qui permet de distinguer la consommation des différents combustibles au niveau sectoriel (combustibles solides, liquides, gazeux, électricité). Pour chaque secteur, une fois la consommation totale d'énergie calculée (sur base d'un calcul cohérent au niveau KLEM), celle-ci est distribuée entre les différents produits énergétiques. Cette allocation est réalisée en utilisant des modèles Translog qui permettent de mettre en évidence des élasticités-prix directes et croisées et d'étudier les substitutions entre formes d'énergie, notamment en cas d'introduction de taxes CO₂ ou sur l'énergie et donc, finalement, d'estimer l'apport de ces substitutions à la baisse éventuelle des émissions de GES. Les substitutions énergétiques peuvent également être étudiées au niveau des ménages (modèle d'allocation CBS), ainsi que pour le secteur producteur d'électricité (représentation- exogène- du parc de production d'électricité).

Evaluation ex post des effets des mesures

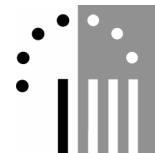
Le modèle Hermes est en général utilisé pour tester, ex ante, les conséquences de politiques et de chocs externes (autre bien entendu ses utilisations en projection). Le modèle est par contre peu ou pas utilisé pour une évaluation ex post des mesures. Outre le caractère hautement aléatoire de l'exercice, une telle évaluation nécessite au préalable un travail important de réécriture des équations de certains blocs du modèle.

Coûts

Détail du calcul des coûts des mesures est-il représenté. Définition des coûts. Mesures de réduction à coût négatif (no-regrets mesures). Effets liés aux exportations et importations.

Les coûts des mesures de réduction des émissions sont calculés, au départ, par branche d'activité et par secteur institutionnel représenté dans le modèle (ménages, isbl, entreprises, administrations publiques, reste du monde). Pour chaque mesure, une balance peut être dès lors établie, à ce niveau de détail, entre le coût de celle-ci, les compensations octroyées (par exemple, en cas de taxes CO₂, recyclage de la taxe via une baisse des cotisations sociales) et les avantages qui en sont retirés (baisse des consommations d'énergie, augmentation de l'emploi, effets sur la compétitivité de la branche,...).

Une fois le coût par branche d'activité et agent évalué, on peut en déduire un coût pour l'ensemble de l'économie, exprimé par rapport à la valeur du PIB.



Le modèle n'intègre pas en tant que tel des mesures à coût négatif, mais une telle approche est possible moyennant le couplage d'Hermès avec un modèle plus micro-économique, décrivant l'apport possible de différentes technologies et de changements de comportement.

La modification apportée, éventuellement, aux compétitivités sectorielles par l'introduction des mesures se reflète via les équations sectorielles d'exportation et d'importation. Ainsi, une dégradation de la compétitivité nationale se traduit, ceteris paribus, par une baisse des exportations.

Utilisation du modèle

Utilité dans le cadre de la préparation du plan national d'allocation (répartition entre secteurs). Tests de sensibilité en projection et lors de l'évaluation des mesures. Incertitudes et marges d'erreur.

Pour une description des usages principaux du modèle, on peut se référer à la partie relative au contexte général.

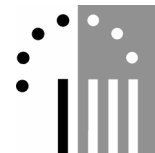
Étant donné sa dimension sectorielle, le modèle peut être utilisé pour étudier la contribution des différentes branches d'activité dans le cadre de la préparation d'un plan national d'allocation. Une répartition entre régions n'est, par contre, pas envisageable avec le modèle actuel (pas de dimension régionale).

Le modèle peut être utilisé pour des tests de sensibilité, ceci aussi bien pour l'établissement d'une projection de base que pour l'estimation de l'effet de mesures. Ainsi, des scénarios d'environnement international alternatifs au scénario central peuvent être simulés et montrer dans quelle mesure l'évolution des émissions de GES est dépendante du contexte extérieur. De manière analogue, différents scénarios d'introduction des mesures peuvent être étudiés et comparés (par exemple: introduction de plusieurs modalités de taxe CO₂ : voir Working Paper 2-02 : The impacts of energy and carbon taxation in Belgium, février 2002)).

Par ailleurs, dans le cadre de la troisième communication nationale, on a pu calculer que la prise en considération du ralentissement de la croissance en 2001 et 2002, son introduction dans le modèle et la prise en compte d'un environnement international légèrement plus pessimiste qu'auparavant pour le moyen terme permettait d'économiser des rejets de CO₂ à concurrence de 2 Mt à l'horizon 2012.

Les incertitudes et marges d'erreur ne sont pas généralement, en tant que telles, discutées lors de la présentation des résultats, si ce n'est lors de discussions portant sur la fiabilité du modèle en tant qu'outil de prévision². En dehors de ce dernier contexte, assez particulier, on préfère illustrer les aléas de la prévision à partir de la présentation de tests de sensibilité, comme décrit plus haut.

² Dans ce dernier cas, il est possible de procéder à des analyses *ex post* sur la qualité des prévisions du modèle, l'erreur commise pouvant être divisée selon son origine (imputable au contexte international fluctuant, à la politique économique mal évaluée, au modèle lui-même,...)



Développements

Développements planifiés ; développements souhaités ; développements possibles pour améliorer la pertinence du modèle dans le processus de prise de décision.

Un développement prévu dans les prochains mois concerne la désagrégation du secteur des transports et communications. Le secteur tel qu'il existe actuellement dans le modèle regroupe des activités par nature très hétérogènes et aux besoins en énergie assez fondamentalement différents. Il est donc prévu de procéder à une désagrégation du secteur actuel en un maximum de six sous-branches afin de permettre une analyse plus fine de l'activité de transport en Belgique à savoir le transport ferroviaire, le transport routier, le transport par eau, le transport aérien, les services auxiliaires de transport, et enfin les postes et télécommunications.

La production de chacune des sous-branches couvre un large éventail de services ayant leurs caractéristiques propres: Le transport ferroviaire combine le transport de personnes et de marchandises; le transport routier inclut le transport urbain et via "pipelines"; le transport par eau recouvre la navigation maritime, côtière et fluviale; les services auxiliaires de transport sont encore plus hétérogènes puisqu'ils rassemblent la manutention et l'entreposage, l'exploitation des installations portuaires et aéroportuaires, ainsi que l'activité des agences de voyage et tour opérateurs. Au-delà du niveau de détail que l'on gagne pour les activités de transport proprement dites, la désagrégation proposée permet de séparer le transport du secteur des télécommunications qui a connu une évolution caractéristique ces dernières années.

La désagrégation proposée devrait améliorer les projections de référence du modèle, ainsi que les projections de consommations d'énergie par mode de transport et par là les émissions du secteur transport.

D'autre part, la nouvelle version du modèle permettra l'analyse de variantes spécifiques au transport comme l'impact de programmes d'investissement dans les différentes branches de transport, les conséquences d'une modification du système de taxation (visant par exemple à décourager l'usage des voitures privées au profit du transport ferroviaire).

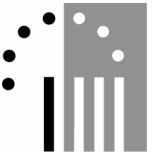
Un autre développement possible pourrait concerner la désagrégation de la branche d'activités « biens intermédiaires » en un minimum de trois sous-branches : sidérurgie, chimie et minéraux non-métalliques. Actuellement, un petit module de type top-down permet d'allouer l'activité et les consommations d'énergie de la branche « biens intermédiaires » entre les trois sous-branches. Une modélisation plus raffinée de ce module n'est pas prévue à courte échéance.

Enfin, le modèle pourrait bien sûr faire l'objet d'une représentation régionale. Ce type de développement, qui ne manquerait pas d'être pertinent dans le cadre de l'étude de l'évolution des GES, n'a fait l'objet, jusqu'à présent, que d'approches très simplifiées. L'intégration d'une approche régionale au sein du modèle ne serait possible que moyennant des investissements conséquents.

Information sur le modèle

Description du modèle sur un site web ou dans une publication disponible. Accès au code informatique. Diffusion de la liste des paramètres et variables endogènes et exogènes.

La version actuelle du modèle Hermes (Hermes II) est présentée de manière détaillée dans un Working-Paper du Bureau fédéral du Plan, publié en 2000 (A description of the



Hermes II model for Belgium, Working Paper 5-00, juillet 2000) et disponible sur le site internet du BfP (<http://www.plan.be/>). On peut y trouver notamment une description des principales relations du modèle, ainsi qu'une présentation des paramètres et élasticités-clés.

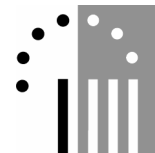
De même, les propriétés variantielles du modèle sont décrites dans un autre working-Paper (Simulations with the Hermes II model for Belgium, Working Paper 11-00, décembre 2000).



➤ **GEM-E3** **D. Van Regemorter** **KULeuven-CES-ETE**

Algemene context

- Naam van het model?
GEM-E3
- Op welke economische theorie is het model gestoeld?
Microeconomische theorie van het gedrag van consumenten en producenten
- Hoe kan u het model het best typeren?
 - Is het model eerder macro of micro-economisch georiënteerd?
Macro economisch model.
 - Is het model bottom-up of top-down van constructie?
Top-down van constructie, maar dit concept is niet echt relevant; wat belangrijk is de schaal van het model (welke sectoren, welke detail voor de technologieën, ...)
 - Over welke tijdshorizon kan het model projecteren (waarom en met welke tijdsintervallen)?
Het is geen model voor projecties maar voor de analyse van de beleidsimpact over een horizon van 30 jaar met tijdsintervallen van 1 tot 5 jaar.
 - Wat is het basis- of referentiejaar?
1995
- Voor welk gebruik werd het model initieel ontwikkeld?
*Voor de analyse van het economisch beleid ivm energie en milieu
Voorbeeld van vroeger eigenlijk gebruik: keuze van instrumenten voor het klimaatbeleid in Europa en in België, impact van harmonisatie van de energie belastingen binnen Europa.*
- Wanneer zijn de gegevens waarop het model berust voor het laatst substantieel bijgewerkt? Is daarbij gezocht naar een harmonisatie met de gegevens gebruikt in de projecties gemaakt door de EU met het POLES en het PRIMES model?
In 2002, de voornaamste bron van gegevens is EUROSTAT en dus is er een zekere harmonisatie met PRIMES en POLES want partieel gebaseerd op dezelfde bron; in het maken van de referentie scenario wordt altijd getracht de laatste resultaten van Primes en Poles te gebruiken en de resultaten van het Planbureau.
- Hoe is technologische vooruitgang gemodelleerd?
Naargelang de versie van het model, exogeen of endogeen.
- Zijn de gegevens genormaliseerd voor de temperatuur of niet?
Neen.
- Wat is de regionale desaggregatie van het model en laat het model een regionale verdeling van emissies toe?
GEM-E3 World omvat 21 regio's van de wereld, GEM-E3 Europe bevat 14 Europese landen en 3 Accession landen (in 2004 bijna alle Accession landen); er is nog geen regionale desaggregatie binnen België.



Voorstelling van de sectoren en soorten emissies

- Welke sectoren worden voorgesteld?
18 sectoren: landbouw, 4 energiesectoren, 3 energie intensieve sectoren (staal, chemie en andere), 3 investeringsgoederen sectoren, 2 consumptie goederen en 5 diensten sectoren.
- Hoe wordt de transportsector voorgesteld (passagiers, vracht, luchtvaart, maritiem, enz.)?
Voor vracht vervoer geaggregeerd in een sector, voor privaat vervoer gedesaggregeerd in auto vervoer and publiek transport.
- Hoe wordt de productie van elektriciteit voorgesteld?
*ofwel door een productie functie die de substitutie tussen technologieën en brandstoffen impliciet voorstelt
ofwel door expliciet technologieën te modelleren.*
- Welke emissiebronnen en –putten worden weerhouden voor iedere gemodelleerde sector (energie-gerelateerde, procesgebonden, biosfeer), en welke directe (de 6 gassen uit Kyoto) en indirecte broeikasgassen (CO, VOC, NOx, enz.) worden daarbij voorgesteld?
De energie-gerelateerde emissies van GHG, NOx, SO2, VOC, PM en de procesgebonden GHG, inclusief de schade die ze veroorzaken.
- Welke verschillende emissiereductietechnologieën kunnen worden voorgesteld (cogeneratie, etc....)?
De emissie reductietechnologieën zijn impliciet voorgesteld in de productie functies en in de emissie reductiekosten functies.
- Kan het model elementen aanbrengen voor het uitwerken van een optimaal emissiereductiebeleid dat meerdere broeikasgassen omvat (multi-polluentenbeleid)?
Ja.

Effecten van maatregelen

- Van welke beleidsinstrumenten kunnen de effecten worden doorgerekend?
 - o Fiscale instrumenten (milieuheffingen, subsidies, arbeidslasten, ...)
Ja.
 - o Verhandelbare emissierechten (nationale, Europese en internationale emissiehandel, JI en CDM)?
Ja.
 - o Instrumenten van directe regulering?
Ja.
 - o Communicatieve instrumenten (informatie/sensibilisering)?
Ja met exogene impact op gedrag tov energie/milieu.
 - o Vrijwillige overeenkomsten/convenanten (per industrie of per sector)?
Ja met exogene reductie doeleind.
 - o Onderzoek & ontwikkeling?
Ja.
 - o Vrijmaking van de energiemarkten?
Met exogene assumpties over het impact.



- Maatregelen voor aanpassing aan klimaatverandering?
Nee.
- Hoe wordt de Kyotodoelstelling in het model geïntroduceerd (shadow price)?
Het hangt af van het gesimuleerde beleid.
- Volgens welke methode gebeurt de berekening van de effecten van maatregelen? Kunnen deze zowel afzonderlijk als gezamenlijk worden berekend? Hoe wordt dubbelrekening vermeden?
Voor maatregelen die langs dezelfde kanalen een impact hebben kunnen de effecten maar afzonderlijk gemeten worden door exogene informatie in te voeren.
- Wordt rekening gehouden met (positieve en negatieve) terugkoppelings-effecten van de maatregelen op het niveau van de gehele economie?
Ja, inclusief de terugkoppeling langs de verandering in de gezondheids situatie.
- Kan het model een onderscheid maken tussen veranderingen in emissies die veroorzaakt worden door technologische vooruitgang en door structurele veranderingen in de economie?
Ja.
- Kan het model bepalen welke de rol is van substitutie tussen brandstoffen in de verandering van emissies?
Ja.
- Kan het model, naast een evaluatie ex-ante, ook worden gebruikt voor een ex-post evaluatie van de effecten van maatregelen? Hoe gebeurt dit of hoe zou dit in de toekomst kunnen gebeuren?
Het model is daar niet echt voor geschikt

Kosten

- Hoe gedetailleerd gebeurt de berekening van de kosten van de maatregelen (hoe wordt de verdeling over de verschillende actoren bepaald)?
De kosten kunnen uitgedrukt worden in termen van verschillende variabelen in het model: welvaart, investering, competitiviteit, etc.
- Integreert het model reductiemaatregelen tegen negatieve kosten (no-regret measures)? Zoniet, waarom?
Nee wegens de assumptie omtrent optimaal gedrag van de economische actoren, maar het zou kunnen geïntegreerd worden op een exogene manier.
- Wordt rekening gehouden met effecten op import/export?
Ja.



Gebruik van het model

- Kan het model worden ingezet bij de voorbereiding van het nationale allocatieplan (verdeling tussen sectoren en/of gewesten)?
Ja voor de verdeling tussen sectoren en dit kan dan verdeeld worden over de gewesten op basis van exogene parameters.
- Welke sensibiliteitsanalyses worden op het model toegepast tijdens de projecties en de evaluatie van de effecten van maatregelen (illustreer aan de hand van enkele voorbeelden)?
Sensibiliteitsstudies omtrent de elasticiteiten.
- Werden de onzekerheden en foutenmarge op de gebruikte gegevens gekwantificeerd en meegenomen in de presentatie van de resultaten?
Neen.

Verdere ontwikkelingen

- Welke ontwikkelingen zijn voorzien?
Update naar de nieuwe IO tabellen wanneer ze beschikbaar zullen zijn, betere modellering van de substitutie mogelijkheden in de productie en van de impact van R&D.
- Welke ontwikkelingen zouden de relevantie van het model voor het besluitvormingsproces kunnen verhogen?
Een regionalisatie binnen België.

Informatie over het model

- Is het model op een website of in een toegankelijke publicatie omschreven?
Een website wordt nu uitgebouwd.
- Is het denkbaar dat andere onderzoekers voor hun wetenschappelijk onderzoek toegang zouden hebben tot de informaticacodes en de gegevensbanken?
Dit is moeilijk omdat het model werd ontwikkeld binnen een EU consortium.
- Beschikt u over een lijst met parameters en endogene en exogene variabelen gebruikt in het model, en kan deze lijst worden verspreid? Indien deze lijst te lang is, kan u een schatting maken van het aandeel exogene variabelen ten opzichte van het aandeel endogene variabelen?
Niet relevant.

Diverse

In uw hoedanigheid van modelbouwer, welke andere vragen die relevant zijn voor de ontwikkeling van een nationaal klimaatbeleid, verdienen volgens u te worden aangesneden door de gebruikers van de resultaten voortgebracht door uw model?

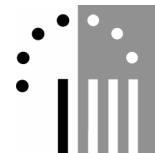
Goed de bijdragen en de limieten van elk model naar voor brengen, één model kan geen antwoord geven, het is de combinatie van de verschillende modellen die relevant is.



➤ **GREENMOD** **A. Bayar** **ULB**

Contexte général

- Quel est le nom du modèle ?
GreenMod
- Sur quel corpus théorique le modèle se base-t-il?
Théorie d'équilibre général.
- De quel type de modèle s'agit-il?
 - o Est-il orienté vers une approche macro, micro-économique ou une autre approche?
Le modèle est un modèle d'équilibre général multisectoriel et multirégional de l'économie belge.
 - o Est-il construit selon un schéma bottom-up ou top-down ? Cette distinction est-elle encore pertinente?
Le modèle est construit selon un schéma bottom-up.
 - o Sur quel horizon temporel s'effectuent les projections (pourquoi et avec quel pas de temps)?
L'horizon temporel retenu est de 30 ans en général mais celui-ci peut être ajusté de manière flexible et atteindre un horizon de très long terme suivant les besoins de la modélisation. La solution est générée de façon dynamique et annuelle.
 - o Quelle est l'année de base ou de référence utilisée?
L'année de base utilisée est 1997. Elle correspond à l'année la plus récente pour laquelle les données internationales suffisantes sont disponibles.
- Pour quels usages principaux le modèle est-il conçu?
Le modèle est conçu pour l'analyse d'impacts et de scénarios des politiques énergétiques et environnementales, ainsi que des prévisions/projections sectorielles. Le modèle peut également être utilisé dans des analyses relatives au marché du travail, aux politiques régionales et fiscales, à la distribution des revenus, etc.
 - o Exemples d'interprétation appropriée et inappropriée dans le passé
Il s'agit d'un tout nouveau modèle. Il n'a donc pas encore d'utilisation antérieure.
- De quand date la dernière mise à jour substantielle des données sur lesquelles le modèle s'appuie ? Dans ce cadre, ya-t-il eu une comparaison avec les données utilisées dans le cadre des projections européennes à l'aide de POLES et PRIMES?
La base de données est mise à jour de manière continue depuis le début du projet. La création de la matrice de comptabilité sociale régionale est une tâche extrêmement complexe et qui nécessite un niveau de désagrégation très important. La dernière mise à jour substantielle date de mars 2003, avec l'introduction dans la nouvelle matrice de comptabilité sociale de nouvelles données disponibles publiées par le Bureau fédéral du Plan (matrice entrées-sorties 1995) et la Banque Nationale

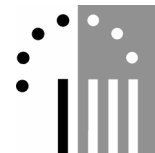


de Belgique (tableaux emplois-ressources 95, 97). A l'heure actuelle, il n'y a pas encore eu de comparaison avec les autres modèles.

- Comment le progrès technique est-il représenté dans le modèle?
Le progrès technique est inclus dans les équations du modèle au niveau du bloc des firmes. Des chocs technologiques peuvent donc être simulés grâce au modèle et ce, de façon dynamique dans un contexte d'équilibre général.
- Est-ce que les données utilisées sont normalisées en température ou non?
Non, les données utilisées ne sont pas normalisées en température.
- Quelle est la désagrégation régionale du modèle et comprend-il une représentation des émissions au niveau régional?
*Le modèle est un modèle d'équilibre général multirégional. Il prend en considération toutes les interdépendances au niveau des trois régions (Bruxelles, Flandres et Wallonie) et plusieurs pays/zones : Wallonie, Flandre, Bruxelles, Reste de l'Union Européenne, Pays Candidats à l'Union Européenne, Russie, Etats-Unis, Japon, Inde, Chine, Brésil, pays exportateurs de pétrole, Pays asiatiques à forte croissance, autres pays de l'OCDE, reste du monde.
Les émissions sont également représentées au niveau régional.*

Représentation des secteurs, des technologies et des types d'émissions

- Quels secteurs sont représentés?
Le nombre de secteurs repris dans le modèle est de 26. Les secteurs institutionnels sont au nombre de quatre. Les ménages sont désagrégés en 10 déciles dans chaque région.
- Quelle type de représentation est proposée pour le secteur des transports (passagers, fret, aérien, maritime, etc.)?
Le secteur des transports est désagrégé entre transports terrestres, maritimes et aériens.
- Quelle type de représentation est proposée pour le secteur de la production d'électricité?
Le secteur de l'électricité est désagrégé entre le secteur nucléaire et non-nucléaire.
- Quelles sources et puits de gaz à effet de serre sont représentés dans les différents secteurs (énergie, processus,...) et quels gaz à effet de serre directs (les 6 gaz Kyoto) et indirects (CO, COV, NOx, etc.) sont pris en compte?
L'utilisation des sources énergétiques est reprise dans le modèle pour tous les secteurs ainsi que leur émission de CO₂. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) qui sont reprises dans le modèle à l'heure actuelle sont les émissions directes suite à l'utilisation de l'énergie par les différents secteurs. Les émissions résultant du processus de production seront introduites dans le modèle dans une brève échéance. A ce stade de la modélisation, seules les émissions de CO₂ sont prises en compte.



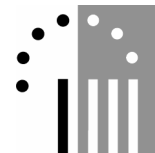
- Quels types de technologies de réduction des émissions sont représentés (cogénération, etc...) ?
Il n'y a pas encore de technologies de réduction des émissions représentées dans le modèle.
- Le modèle permettrait-il de fournir des éléments pour l'élaboration de choix optimaux dans une politique de réduction intégrant plusieurs gaz à effet de serre ? (politique multi-gaz)
Le modèle ne permet pas encore de faire d'analyse de réduction de plusieurs gaz à effet de serre.

Effets des mesures

- Les effets de quels instruments peuvent-ils être étudiés :
Le modèle comporte un grand nombre d'instruments/variables/paramètres qui nous permettent d'évaluer les impacts des politiques en termes sectoriels (activité, coûts de production, compétitivité, ...), macro-économiques (finances publiques régionales et nationales, balance des paiements, ...), socio-économiques (emploi, revenus, répartition, ...) et environnementaux (consommation et production d'énergie, émissions de gaz à effet de serre) à l'aide d'approches économique et d'ingénieurs.

Le modèle comporte tous les éléments importants de la fiscalité fédérale, régionale et communale, ainsi que les particularités institutionnelles dans lesquelles les trois Régions s'inscrivent. De plus, le modèle distingue plusieurs catégories de ménages. Le modèle tient également compte des déséquilibres sur le marché du travail. La mobilité des facteurs, en particulier les navetteurs, sont explicitement prises en compte. Le modèle permet ainsi d'analyser les :

- Mesures fiscales (taxes environnementales, subsides, charges sur le travail...),
 - Echanges d'unités d'émission (au niveau national, européen et mondial via les mécanismes JI et CDM),
 - Dispositions réglementaires
 - Initiatives de communication (information/sensibilisation)
 - Accords négociés (par industrie ou par secteur)
 - Initiatives de recherche et développement
 - Libéralisation du marché de l'énergie
 - Mesures d'adaptation au changement climatique
- Comment l'objectif de Kyoto est-il appliqué au modèle (shadow price, ...)?
Permis d'émissions négociables et taxation.
 - Les effets des mesures peuvent-ils être analysés par mesure et de façon intégrée? Comment sont traités les double comptages?
Etant donné le niveau très détaillé de désagrégation dans le modèle, les effets des mesures peuvent être analysés de façon précise, et ce tant au niveau sectoriel que macro-économique pour les trois régions (Bruxelles, Wallonie, Flandre).



- Est-il tenu compte de rétroactions (positives et négatives) des mesures prises sur l'ensemble de l'économie et éventuellement au-delà ?
Oui. GreenMod tient compte de toutes les interactions sectorielles, régionales et internationales.
- Le modèle permet-il de distinguer les changements d'émissions liés aux progrès technologiques par rapport aux variations liées à une évolution structurelle de l'économie?
L'intégration du progrès technologique dans le modèle est exogène. La structure d'équilibre général permet de discerner les changements d'émissions résultants des progrès technologiques par rapport à ceux résultant de changement dans la structure de l'économie.
- Le modèle peut-il estimer le rôle des substitutions de combustibles dans l'évolution des émissions?
Oui. GreenMod tient compte des possibilités de substitution entre les combustibles dans la production ainsi que dans la consommation privée.
- Est-ce que le modèle, après évaluation ex ante, peut également être utilisé pour une évaluation ex post des effets des mesures ? Si oui, comment l'exercice est-il ou serait-il mené ?
Oui, le modèle permet une analyse ex post des mesures. La méthodologie repose sur le re-calibrage dynamique et sur une comparaison monde – anti-monde.

Coûts

- Avec quel niveau de détail le calcul des coûts des mesures est-il représenté? (Comment la répartition entre acteurs est-elle établie?)
L'une des caractéristiques principales du modèle GreenMod réside dans sa matrice de comptabilité sociale régionalisée, qui permet de tenir compte de toutes les interdépendances au niveau des trois régions et sur les secteurs. Ceci permet une analyse très fine du coût des mesures, tant en terme d'impact sur les secteurs que sur les régions.
- Quelle définition des coûts est entendue? (coûts administratifs, coûts d'investissement, variation du bien être ou de l'utilité)
L'analyse des coûts peut se faire sur plusieurs variables, notamment sur le produit national brut, le revenu des ménages, la production sectorielle, les coûts d'investissement, la consommation privée, l'emploi, le chômage, la distribution des revenus, ou encore sur l'analyse des variations de l'utilité.
- Le modèle intègre-t-il des mesures de réductions à coût négatif (no-regrets mesures)? Si non, pourquoi?
Non.
- Est-il tenu compte d'effets liés aux exportations et importations ?
Oui. GreenMod prend en compte les effets liés aux exportations et importations provenant du reste du monde pour chaque secteur, mais aussi aux échanges entre les régions pour la Belgique.



Utilisation du modèle

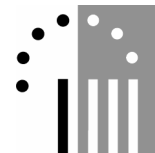
- Le modèle peut-il servir dans le cadre de la préparation des plans d'allocations (répartition entre secteurs et/ou entre régions)?
Oui. La base de données sectorielle et régionale dans le modèle permet l'analyse des plans d'allocation entre les trois régions et entre les secteurs de production.
- Quels sont les tests de sensibilité qui sont menés sur le modèle en projection et lors de l'évaluation des mesures (donnez des exemples)?
Les effets d'un changement des valeurs des paramètres sont analysés, de même que les effets d'un changement au niveau des élasticités.
- Est-ce que les incertitudes et la marge d'erreur sur les données utilisées sont quantifiées et prise en compte dans la présentation des résultats ?
Afin d'ajuster la matrice de comptabilité sociale, la méthode de cross entropy est utilisée. Celle-ci permet de tenir compte des erreurs de mesures et de l'incertitude dans les données.

Développements

- Quels sont les développements planifiés ?
*Désagrégation plus fine des combustibles,
Mise à jour de la base de données,
Intégration totale du modèle régional belge dans le modèle international,
Marché des permis d'émissions négociables.*
- Quels sont les développements souhaités ?
*Développer une version dynamique intertemporelle avec anticipations prospectives,
L'intégration des autres gaz à effet de serre,
L'intégration d'un marché de permis d'émissions négociables dynamique,
Changement technologique endogène,
Marché du capital de seconde main,
Mise à jour de la base de données,
Une représentation plus fine et plus détaillée des ménages (groupes socio-professionnelles et qualifications),
Poursuivre la collaboration fructueuse avec Econotec (entamée dans le cadre d'un projet financé par le gouvernement wallon) et développer un lien organique entre GreenMod et le modèle technique EPM développé par Econotec.*
- Quels seraient les développements possibles pour améliorer la pertinence du modèle dans le processus de prise de décision ?
Les points énumérés ci-dessus.

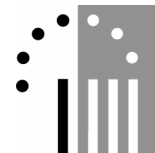
Information sur le modèle

- Le modèle est-il décrit sur un site web ou dans une publication disponible?
Le modèle sera décrit ultérieurement sur le site web d'EcoMod (<http://www.ecomod.net>).



- L'accès au code informatique et aux banques données est-il envisageable par d'autres équipes pour des objectifs de recherche?
Une fois le projet achevé, le code informatique sera partiellement disponible.

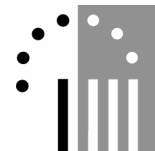
- Disposez-vous et diffusez-vous la liste des paramètres et variables endogènes et exogènes utilisées dans votre modèle ? Si cette liste s'avérait fort longue, pourriez-vous estimer la proportion de variables exogènes par rapport aux variables endogènes ?
A ce stade de la modélisation, le projet comporte 3003 variables, dont 2709 endogènes (90.2 pour cents) et 294 exogènes (9.8 pour cents). La liste complète des variables est disponible à l'annexe III de ce document.



➤ **NEMESIS** **F. Thiery** **Bureau fédéral du Plan**

Contexte général

- Quel est le nom du modèle?
NEMESIS: New Econometric Model for Environment and Strategies Implementation for Sustainable development.
- Sur quel corpus théorique le modèle se base-t-il?
NEMESIS est un modèle de type économétrique et de facture néo-keynésienne avec un niveau de détail élevé (30 secteurs productifs). Néanmoins, par rapport aux modèles néo-keynésiens traditionnels, le côté de l'offre a été modélisé de façon à le rendre plus en accord avec les théories macroéconomiques modernes. La production domestique est ainsi décrite en intégrant des travaux récents de l'analyse des fonctions duales (cfr Nadiri et Puchra (1999)). En particulier, la R&D (et donc le progrès technique) est endogène et est considérée comme un facteur de production permettant des gains d'efficacité. Elle est donc intégrée dans le programme optimal des firmes. Une particularité additionnelle du modèle est la présence de fortes interdépendances entre les secteurs d'activité du modèle, prises en compte par des matrices de conversion.
- De quel type de modèle s'agit-il?
 - Est-il orienté vers une approche macro, micro-économique ou une autre approche?
NEMESIS est un modèle macro sectoriel incorporant les développements de la nouvelle synthèse macroéconomique, plus micro fondée. Par conséquent, outre la présence d'un bouclage macroéconomique propre aux modèles de type macro, la représentation des technologies de production a un fondement théorique solide (toutes les demandes de facteurs sont dérivées d'une fonction de coût).
 - Est-il construit selon un schéma bottom-up ou top-down? Cette distinction est-elle encore pertinente?
Le modèle est construit selon un schéma plutôt top-down (la consommation agrégée d'énergie par secteur est répartie entre les différentes combinaisons combustible/technologie).
 - Sur quel horizon temporel s'effectuent les projections (pourquoi et avec quel pas de temps)?
La nature même du modèle (modèle de type économétrique) le rend adéquat pour réaliser des projections ainsi que des études d'impact de politiques à moyen terme, c'est-à-dire à 10-15 ans. La plupart des scénarios sont d'ailleurs réalisés jusqu'en 2012. La fréquence des données est annuelle.
 - Quelle est l'année de base ou de référence utilisée?
1990
- Pour quels usages principaux le modèle est-il conçu?
NEMESIS est un modèle 3E (Economie, Energie, Environnement) qui vise à étudier les relations entre ces 3 domaines. Il répond à des besoins d'élaboration de



scénarios prospectifs à moyen terme et à la réalisation d'études de politique économique plus spécifiquement structurelles (politiques fiscales, de R&D, de l'environnement...) en raison de son caractère très détaillé.

- Exemples d'interprétation appropriée dans le passé
Etude des effets de certaines réglementations en matière d'environnement sur les sphères économique (compétitivité, croissance, emploi etc...) et énergétique (consommation d'énergie, émissions de gaz à effet de serre).
- De quand date la dernière mise à jour des données sur lesquelles le modèle s'appuie? Dans ce cadre, y a-t-il eu une comparaison avec les données utilisées dans le cadre des projections européennes à l'aide de POLES et PRIMES?
Un travail de remise à jour des données est actuellement en cours. La principale source de données utilisée pour le modèle est EUROSTAT (NewCronos), complétée par des sources nationales si non disponibles. Des données de l'OCDE et des N.U. sont également reprises pour certains concepts inexistant dans NewCronos pour le module Energie/Environnement. Ameco est une source également consultée pour certaines données macroéconomiques: chômage, taux d'intérêt, taux de change. Certaines hypothèses (prix internationaux de l'énergie) sont reprises des prévisions réalisées avec POLES.
- Comment le progrès technique est-il représenté?
Le progrès technique est endogène dans le modèle et est représenté par le fait que la R&D constitue, outre le travail, le capital, les matériaux et l'énergie, un facteur de production. Celui-ci entraîne des gains d'efficacité (augmentant la productivité totale des facteurs) et permet donc aux firmes d'être plus compétitives sur leur marché. L'endogénéisation de la R&D (et donc du progrès technique) est particulièrement intéressante pour analyser les effets d'une hausse du prix de l'énergie. En effet, dans ce cas, la réponse des entreprises ne se limite pas à une simple substitution factorielle mais s'étend aux choix de R&D et donc de progrès technique.
- Est-ce que les données utilisées sont normalisées en température ou non ?
Non.
- Quelle est la désagrégation régionale du modèle et comprend-il une représentation des émissions au niveau régional?
Il n'y a pas de désagrégation régionale prévue dans le modèle. NEMESIS étant un modèle pour l'Europe, il comprend 16 pays européens (EU-15 + Norvège). Les émissions suivent la même désagrégation.

Représentation des secteurs, des technologies et des types d'émission

- Quels secteurs sont représentés?
Le modèle inclut 4 secteurs institutionnels (firmes, ménages, administrations publiques, reste du monde) et 30 branches de production.

| | |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1. Agriculture | 16. Food, drink & tobacco |
| 2. Coal and coke | 17. Textiles, Clothes & Footwear |
| 3. Oil & gas extraction | 18. Paper & Printing |
| 4. Gas distribution | 19. Rubber and Plastic |
| 5. Refined Oil | 20. Other manufactures |



| | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| 6. Electricity | 21. Construction |
| 7. Water supply | 22. Distribution |
| 8. Ferrous & non-ferrous metals | 23. Lodging and catering |
| 9. Non-metallic mineral products | 24. Inland Transports |
| 10. Chemicals | 25. Sea and Air transports |
| 11. Metal products | 26. Other Transport |
| 12. Agriculture & industrial machines | 27. Communication |
| 13. Office Machines | 28. Bank, finance and insurance |
| 14. Electrical Goods | 29. Other market services |
| 15. Transport Equipment | 30. Non-market services |

- Quel type de représentation est proposé pour le secteur des transports (passagers, fret, aérien, maritimes, etc...)?
 - *transport intérieur*
 - *transport maritime et aérien*
 - *autres transports*

Dans le sous module énergétique du modèle, le secteur des transports est encore plus détaillé et distingue le transport de passagers (route, air et autres) et le transport de fret (route et autres).

La dynamique du parc automobile routier y est simulée en prenant en compte les effets des développements économiques et non économiques sur le nombre et l'utilisation des véhicules et incorporant des effets de saturation potentielle. La possibilité de substitution partielle du transport routier privé par des modes publics de transport est également prévue.

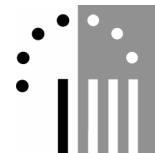
Le transport aérien est modélisé de façon à prendre en compte les effets économiques (GDP, coût des combustibles) et comportementaux dans le pays en question. Afin de permettre la compatibilité avec les obligations internationales de reporting des émissions, la demande finale d'énergie du secteur aérien est calculée séparément pour le transport domestique et le transport international.

Pour les prévisions de demande d'énergie de tous les modes de transport, les changements potentiels dans les taux d'utilisation sont modélisés (càd capacités moyennes et/ou facteurs de charge). Les prévisions d'évolution de ces taux d'utilisation sont dérivées de l'analyse des tendances passées ou de prévisions exogènes indépendantes (ex: les prévisions du marché de l'aviation par les principales firmes aéronautiques).

- Quel type de représentation est proposé pour le secteur de la production d'électricité?

A ce jour, le secteur de la production d'électricité n'est pas modélisé de façon particulière (cfr question 6.1.: Développements planifiés).
- Quelles sources et puits de gaz à effet de serre sont représentés dans les différents secteurs (énergie, processus,...) et quels gaz à effet de serre directs (les 6 gaz Kyoto) et indirects (CO, COV, NOx, etc...) sont pris en compte?

Les émissions de gaz à effet de serre sont divisées en 2 types: les émissions liées à l'énergie (émissions de CO2 dérivées directement de la combustion de combustibles fossiles) et les émissions de gaz à effet de serre non liées à l'énergie.



Les sources industrielles de ces émissions non liées à l'énergie sont:

- *la production de ciment: responsable des émissions de CO₂ non énergétiques.*
- *l'industrie chimique: responsable des émissions de N₂O*
- *les industries de biens d'investissement: responsables des émissions de HFCs, PFCs et SF₆.*

Les puits de gaz à effet de serre ne sont pas pris en considération dans la version actuelle du modèle.

- Quels types de technologies de réduction des émissions sont représentés (cogénération, etc...)?
Le secteur électrique prend en compte l'électricité produite conjointement à la vapeur (cogénération) et inclut les énergies renouvelables clés (hydraulique, vent et biomasse).
- Le modèle permettrait-il de fournir des éléments pour l'élaboration de choix optimaux dans une politique de réduction intégrant plusieurs gaz à effet de serre (politique multi gaz)?
L'inclusion de 5 types de gaz à effet de serre permet de simuler des marchés de permis multi gaz et d'étudier les impacts économiques des différentes options envisagées.

Effets des mesures

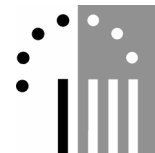
- Les effets de quels instruments peuvent-ils être étudiés?
Les instruments de politique environnementale déjà utilisés avec le modèle sont les suivants (cfr question 3.2. pour une description de la méthodologie suivie pour introduire ces instruments dans le cadre du protocole de Kyoto) :
 - *mesures fiscales (taxes sur consommation finale d'énergie, couplées ou non à des subsides à la R&D)*

Une réflexion est en cours sur la manière d'introduire les permis à polluer au niveau européen.

- Comment l'objectif de Kyoto est-il appliqué au modèle (shadow price, ...)?

Une remarque préliminaire: *Pour le moment, le modèle NEMESIS consiste encore en 2 modules distincts (le module de base "économie" et le module "énergie/environnement"). Le module énergie/environnement entre comme exogènes les variables d'activité provenant du module économie (valeur ajoutée par secteur, consommation privée) ainsi que des exogènes liées à la démographie et les prix internationaux des combustibles primaires et fournit comme résultats les demandes et offres de combustibles par produit et par secteur, les prix de l'énergie et les émissions.*

Les rétroactions entre les deux sphères se font grâce à des itérations "manuelles" successives entre ces deux modules, ce qui ne sera plus le cas (mais fait de façon "automatique") lorsque le module énergie/environnement sera complètement intégré dans le modèle de base (module économie) (travail en cours).



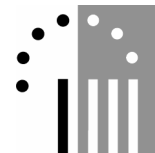
Mesures fiscales

Une première étude réalisée avec le modèle a consisté en l'application d'une contrainte d'émissions au niveau de l'Europe et dans laquelle l'objectif de Kyoto a été introduit dans le module énergie/environnement comme le "shadow cost" de la contrainte d'émissions. La nature de la contrainte a dès lors produit un coût marginal de réduction unique pour l'ensemble de l'Europe mais des résultats en termes de variations de consommation finale d'énergie (et de prix énergétiques finaux) par pays et par secteur. Ces variations des consommations d'énergie ont alors été appliquées à l'intérieur du module économie et les variations de prix de l'énergie correspondantes déduites par ce module, représentant la taxe à la consommation d'énergie.

- Les effets des mesures peuvent-ils être analysés par mesure et de façon intégrée? Comment sont traités les doubles comptages?
Les mesures peuvent être appliquées de façon isolée ou de façon intégrée. Une bonne définition du scénario de base devrait pouvoir éviter les doubles comptages.
- Est-il tenu compte de rétroactions (positives et négatives) des mesures prises sur l'ensemble de l'économie et éventuellement au-delà ?
Le module énergie/environnement est en cours d'intégration dans le modèle de base (module économie) et les rétroactions dans les deux directions (environnement vers économie et vice-versa) seront bientôt complètement prises en compte. Elles ne seront pas limitées à l'économie nationale mais concerneront également les autres pays européens, par le biais du commerce international. (Actuellement, les rétroactions entre les deux sphères se font grâce à des itérations "manuelles" successives entre les deux modules).
- Le modèle permet-il de distinguer les changements d'émissions liés aux progrès technologiques par rapport aux variations liées à une évolution structurelle de l'économie?
Le progrès technique (lié à la réduction des émissions) est un terme explicite de l'équation d'émissions et ses effets peuvent donc être isolés dans les émissions.
- Le modèle peut-il estimer le rôle des substitutions de combustibles dans l'évolution des émissions?
Les substitutions entre combustibles déterminant indirectement le niveau des émissions, il est possible, ex-post, d'en mesurer l'impact moyennant une adaptation du modèle qui viserait à supprimer ces possibilités de substitution.

Dans le modèle, ces substitutions entre combustibles dépendent des prix de ceux-ci pour les technologies en place. En ce qui concerne les nouveaux équipements (liés à la croissance des équipements et au remplacement des équipements obsolètes), les substitutions dépendent également des performances technique et économique globales des différentes options disponibles, à savoir des coûts d'investissement, des coûts fixes et variables d'opération et de maintenance et des intérêts payés pendant la construction et l'installation du système.

- Est-ce que le modèle, après évaluation ex-ante, peut également être utilisé pour une évaluation ex-post des effets des mesures? Si oui, comment l'exercice est-il ou serait-il mené?
On pourrait imaginer refaire tourner une simulation sans la mesure sur la période historique et comparer les observations avec les résultats de cette simulation



“backward”. Ce type de simulation exige au préalable une réécriture partielle du modèle.

Coûts

- A quel niveau de détail le calcul des coûts des mesures est-il représenté? (comment la répartition entre acteurs est-elle établie?)
Les coûts des mesures sont mesurés en termes de croissance, d'emploi, de compétitivité et de prix pour l'Europe dans son ensemble ou par pays européen et au niveau macro-économique ou sectoriel.
- Quelle définition des coûts est entendue? (coûts administratifs, coûts d'investissement, variation du bien-être ou de l'utilité)?
cfr question 4.1.
- Le modèle intègre-t-il des mesures de réductions à coût négatif (no-regrets mesures)? Si non, pourquoi?
Non.
- Est-il tenu compte d'effets liés aux exportations et importations?
Les mesures de politique environnementale ayant des répercussions sur la compétitivité des secteurs, les effets liés au commerce international des secteurs (entre pays européens et avec le reste du monde) sont automatiquement incorporés dans les coûts tels que définis à la question 4.1.

Utilisation du modèle

- Le modèle peut-il servir dans le cadre de la préparation des plans d'allocation (répartition entre secteurs et/ou entre régions)?
La composante sectorielle détaillée du modèle (30 secteurs productifs) permet d'avoir des évaluations de différentes politiques d'allocation par secteur.
- Quels sont les tests de sensibilité qui sont menés sur le modèle en projection et lors de l'évaluation des mesures (donnez des exemples)?
Les variantes analytiques suivantes ont été simulées sur le modèle en projection pour en tester la cohérence:
 - choc de demande : augmentation des dépenses gouvernementales
 - choc d'offre: augmentation des prix internationaux de l'énergie, baisse du taux de cotisation sociale employeur
 - choc mixte : baisse du salaire réel
 - dévaluation.
- Est-ce que les incertitudes et la marge d'erreur sur les données utilisées sont quantifiées et prises en compte dans la présentation des résultats?
Non.



Développements

- Quels sont les développements planifiés?
 1. *Un développement en cours est le développement d'un module de finances publiques détaillé par pays, portant une attention particulière sur les postes de recettes et dépenses publiques touchés suite à l'introduction de contraintes environnementales. Ces développements permettront par exemple de définir de manière plus précise différentes politiques de recyclage de la taxe et d'en étudier les effets (neutralité budgétaire ex-ante et ex-post).*
 2. *Un développement planifié est l'introduction d'un module détaillé du secteur producteur d'électricité, représentant les principaux choix de technologies/combustibles.*

Ces travaux seront réalisés dans la perspective de permettre:

- *une analyse intégrée des objectifs en matière d'environnement et d'énergie à l'échelle européenne, par ex. la sécurité énergétique (diversification de l'offre d'électricité) versus objectifs en termes de changements climatiques.*
- *une représentation élargie des possibilités d'instruments de politique environnementale appliqués au secteur de l'électricité*
- *une meilleure représentation technologique explicite des options principales de production avec leurs caractéristiques techniques et économiques.*

Ces développements impliquent une détermination sectorielle des demandes d'électricité qui permettra de construire une load duration curve annuelle simplifiée sur base des load duration curve des différents secteurs demandeurs. Celle-ci, combinée aux coûts d'opération et aux capacités installées des différentes technologies déterminera l'utilisation de la capacité et donc les inputs en combustibles pour le secteur électrique. Les prix de l'électricité seront fonction des coûts marginaux de long terme et seront différenciés selon les utilisateurs (représentant la différence de coûts dans l'approvisionnement selon le type d'utilisateurs).

3. *L'introduction des U.S.A et du Japon dans le modèle est également prévue, avec une représentation similaire à celle des pays européens.*
- Quels sont les développements souhaités?

Un développement souhaité est l'introduction des Best Available Technologies (technologies de l'environnement) dans le modèle et qui permettraient d'élargir le choix entre les technologies de réduction des émissions de gaz à effet de serre. L'objectif principal serait d'étudier comment les développements technologiques « bottom-up » influencent les performances macro économiques et sectorielles des pays.
 - Quels seraient les développements possibles pour améliorer la pertinence du modèle dans le processus de prise de décision?

Des variables permettant le calcul d'indicateurs de cohésion sociale (répartition de revenus, taux de pauvreté) pourraient être introduites qui étofferaient ainsi le pôle social contribuant à la prise de décision.



Information sur le modèle

- Le modèle est-il décrit sur un site web ou dans une publication disponible?
*<http://www.nemesis-model.org/>
Publication (rapport final à la Commission Européenne) qui sera disponible dès que l'approbation par la Commission Européenne sera placée sur le site web).*

- L'accès au code informatique et aux banques de données est-il envisageable par d'autres équipes pour des objectifs de recherche?
Pas pour le moment.

- Disposez-vous et diffusez-vous la liste des paramètres et variables endogènes et exogènes utilisées dans votre modèle? Si cette liste s'avérait fort longue, pourriez-vous estimer la proportion de variables exogènes par rapport aux variables endogènes?
*Cette liste fait partie du rapport final à la Commission Européenne et sera donc disponible lorsque ce dernier aura été approuvé.
Le modèle contient environ 1000 variables exogènes pour environ 50000 variables endogènes.*



MODELES TECHNICO-ECONOMIQUES / TECHNO-ECONOMISCHE MODELLEN

➤ **MARKAL** **D. Van Regemorter** **KULeuven-CES-ETE**

Algemene context

- Naam van het model?
MARKAL
- Op welke economische theorie is het model gestoeld?
Micro-economische theorie van het gedrag van consumenten en producenten.
- Hoe kan u het model het best typeren?
Model van het energiesysteem, vraag en aanbod van energie binnen België.
 - Is het model bottom-up of top-down van constructie?
Bottom-up model, maar dit concept is niet echt relevant; wat belangrijk is de schaal van het model (welke sectoren, welke detail voor de technologieën, ...).
 - Over welke tijdshorizon kan het model projecteren?
Horizon van 40 jaar met tijdsintervallen van 5 jaar.
 - Wat is het basis- of referentiejaar?
1990/1995
- Voor welk gebruik werd het model initieel ontwikkeld?
Voor de analyse van energie en milieubeleid binnen het energiesysteem.
- Wanneer zijn de gegevens waarop het model berust voor het laatst substantieel bijgewerkt? Is daarbij gezocht naar een harmonisatie met de gegevens gebruikt in de projecties gemaakt door de EU met het POLES en het PRIMES model?
In 2000 en in het maken van de referentie scenario wordt altijd getracht de laatste resultaten van Primes en Poles te gebruiken en de resultaten van het Planbureau.
- Hoe is technologische vooruitgang gemodelleerd?
Expliciet per technologie en voornamelijk exogeen maar mogelijkheid om 'learning by doing' te integreren.
- Zijn de gegevens genormaliseerd voor de temperatuur of niet?
Nee.
- Wat is de regionale desaggregatie van het model en laat het model een regionale verdeling van emissies toe?
Het Belgisch Markal model is niet geregionaliseerd.



Voorstelling van de sectoren en soorten emissies

- Welke sectoren worden voorgesteld?
De energie intensieve sectoren worden gedetailleerd voorgesteld, gedesaggregeerd per belangrijkste producten met de daarbij horende technologieën (bestaande en toekomstige). De andere sectoren worden geaggregeerd voorgesteld met een desaggregatie volgens het type van energievraag.
- Hoe wordt de transportsector voorgesteld (passagiers, vracht, luchtvaart, maritiem, enz.)?
De transportsector is onderverdeeld in passagiers vervoer en vracht vervoer, op de weg, de trein, de maritieme weg en luchtvaart.
- Hoe wordt de productie van elektriciteit voorgesteld?
Met expliciete technologieën (bestaande en toekomstige, cogeneratie, in de basislast of niet, ...), reserve capaciteit.
- Welke emissiebronnen en –putten worden weerhouden voor iedere gemodelleerde sector (energie-gerelateerde, procesgebonden, biosfeer), en welke directe (de 6 gassen uit Kyoto) en indirecte broeikasgassen (CO, VOC, NOx, enz.) worden daarbij voorgesteld?
De energie gerelateerde CO2 emissies en VOC, SO2, NOx, CO voor sommige toepassingen.
- Welke verschillende emissiereductietechnologieën kunnen worden voorgesteld (cogeneratie, etc....) ?
Alle reductie mogelijkheden kunnen gemodelleerd worden mits gegevens over de kosten en het potentieel van die technologieën.
- Kan het model elementen aanbrengen voor het uitwerken van een optimaal emissiereductiebeleid dat meerdere broeikasgassen omvat (multi-polluentenbeleid)?
Ja voor de polluenten geïntegreerd in het model.

Effecten van maatregelen

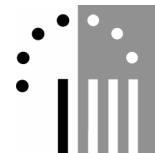
- Van welke beleidsinstrumenten kunnen de effecten worden doorgerekend?
 - o Fiscale instrumenten (milieuheffingen, subsidies, arbeidslasten, ...)?
Fiscale instrumenten gerelateerd tot energiesysteem.
 - o Verhandelbare emissierechten (nationale, Europese en internationale emissiehandel, JI en CDM)?
Nationaal maar na uitbreiding ook Europese emissierechten.
 - o Instrumenten van directe regulering?
Ja gerelateerd tot energiesysteem.
 - o Communicatieve instrumenten (informatie/sensibilisering)?
Ja met exogene impact op gedrag tov energie/milieu
 - o Vrijwillige overeenkomsten/convenanten (per industrie of per sector)?
Ja met exogene reductie doeleind.
 - o Onderzoek & ontwikkeling?
Ja met exogene impact op technologieën
 - o Vrijmaking van de energiemarkten?
Momenteel onderzoek om dit aspect te kunnen bekijken.



- Maatregelen voor aanpassing *aan* klimaatverandering?
Neen.
- Hoe wordt de Kyotodoelstelling in het model geïntroduceerd (shadow price)?
Het hangt af van het gesimuleerde beleid
- Volgens welke methode gebeurt de berekening van de effecten van maatregelen?
Kunnen deze zowel afzonderlijk als gezamenlijk worden berekend? Hoe wordt dubbel telling vermeden?
Voor bijna alle beleidsopties is de berekening van de effecten endogeen en is er geen dubbel telling.
- Wordt rekening gehouden met (positieve en negatieve) terugkoppelings-effecten van de maatregelen op het niveau van de gehele economie?
Er wordt alleen rekening gehouden op de terugkoppeling binnen het energiesysteem, zowel op de vraag als de aanbod.
- Kan het model een onderscheid maken tussen veranderingen in emissies die veroorzaakt worden door technologische vooruitgang en door structurele veranderingen in de economie?
De technologische vooruitgang is expliciet gemodelleerd in de technologie database; de structurele verandering worden ten dele opgevangen door de evolutie van de vraag van energiediensten.
- Kan het model bepalen welke de rol is van substitutie tussen brandstoffen in de verandering van emissies?
Ja.
- Kan het model, naast een evaluatie ex-ante, ook worden gebruikt voor een ex-post evaluatie van de effecten van maatregelen? Hoe gebeurt dit of hoe zou dit in de toekomst kunnen gebeuren?
Neen.

Kosten

- Hoe gedetailleerd gebeurt de berekening van de kosten van de maatregelen (hoe wordt de verdeling over de verschillende actoren bepaald)?
Alle kosten elementen binnen het energiesysteem worden expliciet gemodelleerd.
- Integreert het model reductiemaatregelen tegen negatieve kosten (no-regret measures)? Zoniet, waarom?
Neen wegens de assumptie omtrent optimaal gedrag van de economische actoren aan de basis van het model, maar het zou kunnen geïntegreerd worden op een exogene manier.
- Wordt rekening gehouden met effecten op import/export?
Neen.



Gebruik van het model

- Kan het model worden ingezet bij de voorbereiding van het nationale allocatieplan (verdeling tussen sectoren en/of gewesten)?
Ja voor de verdeling tussen de sectoren en dit kan dan verdeeld worden over de gewesten op basis van exogene parameters.
- Welke sensibilliteitsanalyses worden op het model toegepast tijdens de projecties en de evaluatie van de effecten van maatregelen (illustreer aan de hand van enkele voorbeelden)?
Elasticiteiten, beschikbaarheid van technologieën, efficiëntie van technologieën.
- Werden de onzekerheden en foutenmarge op de gebruikte gegevens gekwantificeerd en meegenomen in de presentatie van de resultaten?
Nee.

Verdere ontwikkelingen

- Welke ontwikkelingen zijn voorzien?
Integratie van het Belgisch Markal binnen een eenvoudige Europees Markal model, extensie naar alle GHG, modellering van de raffinage sector, overgang naar de MARKAL/TIMES model, die binnen ETSAP wordt ontwikkeld.

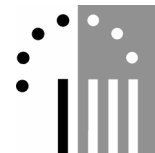
Informatie over het model

- Is het model op een website of in een toegankelijke publicatie omschreven?
Alle documentatie is beschikbaar op de ETSAP website
- Is het denkbaar dat andere onderzoekers voor hun wetenschappelijk onderzoek toegang zouden hebben tot de informaticacodes en de gegevensbanken?
De informaticacode is beschikbaar bij ETSAP (MARKAL is een 'open' model), maar de gegevensbank is gebonden aan de onderzoekscentra.
- Beschikt u over een lijst met parameters en endogene en exogene variabelen gebruikt in het model, en kan deze lijst worden verspreid? Indien deze lijst te lang is, kan u een schatting maken van het aandeel exogene variabelen ten opzichte van het aandeel endogene variabelen?
Niet relevant

Diverse

In uw hoedanigheid van modelbouwer, welke andere vragen die relevant zijn voor de ontwikkeling van een nationaal klimaatbeleid, verdienen volgens u te worden aangesneden door de gebruikers van de resultaten voortgebracht door uw model?

Er is geen model die alle vragen kan beantwoorden, de beleidsvraag determineert het model of de combinatie van modellen die het meest geschikt is. Goed de bijdragen en de limieten van elk model naar voor brengen.

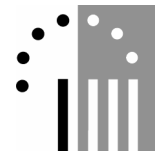


➤ **EPM** **F. Altdorfer** **ECONOTEC**

Contexte général

- Quel est le nom du modèle ?
EPM (Emission Projection Model)
- Sur quel corpus théorique le modèle se base-t-il?
D'une part, le modèle relie consommations énergétiques et émissions à des variables d'activité en unités physiques, par des relations physiques. D'autre part, il calcule des potentiels de réduction sur base d'une minimisation des coûts, en prenant en compte une dispersion statistique sur ceux-ci.
- De quel type de modèle s'agit-il?
 - o Est-il orienté vers une approche macro, micro-économique ou une autre approche?
Approche micro-économique.
 - o Est-il construit selon un schéma bottom-up ou top-down ? Cette distinction est-elle encore pertinente?
Bottom-up.
 - o Sur quel horizon temporel s'effectuent les projections (pourquoi et avec quel pas de temps)?
10-15 ans, pour les années choisies par l'utilisateur.
 - o Quelle est l'année de base ou de référence utilisée?
2000
- Pour quels usages principaux le modèle est-il conçu?
 - *Pour calculer les consommations énergétiques ou les émissions d'un scénario de référence, de type BAU (Business-As-Usual).*
 - *Pour calculer des potentiels de réduction des consommations énergétiques ou des émissions³ correspondant à différentes hypothèses (telles que plafond de coût marginal à la tonne de CO₂, plafond de temps de retour, taxes ou subsides...).*
 - *Pour calculer les consommations énergétiques ou les émissions par secteur correspondant aux potentiels de réduction calculés.*
 - *Pour la construction de courbes de coût marginal de réduction.*
 - o Exemples d'interprétation appropriée dans le passé
 - *Evaluation du potentiel de réduction des émissions de CO₂ lié aux mesures non fiscales (Working Paper 901 du Bureau fédéral du Plan, repris dans la 3^{ème} Communication nationale de la Belgique dans le cadre de la Convention-cadre des Nations-Unies sur le changement climatique).*

³ Y compris la réduction des émissions de CO₂ indirectes, c'est-à-dire liées à la production de l'électricité consommée par chaque secteur.



- Exemples d'interprétation inappropriée dans le passé
 - *Interprétation du potentiel de réduction à coût négatif comme d'un potentiel qui serait effectivement mis en œuvre.*
- De quand date la dernière mise à jour substantielle des données sur lesquelles le modèle s'appuie?
2002-2003 en ce qui concerne la Wallonie.
- Dans ce cadre, y-a-t-il eu une comparaison avec les données utilisées dans le cadre des projections européennes à l'aide de POLES et PRIMES?
Une comparaison limitée avec le modèle PRIMES a montré que celui-ci utilisait des données plus anciennes et moins complètes. Une comparaison avec le modèle POLES est peu pertinente, étant donné la nature très différente de ce dernier (modèle mondial, à long terme, très peu désagrégé sectoriellement).
- Comment le progrès technique est-il représenté dans le modèle?
De manière exogène.
- Est-ce que les données utilisées sont normalisées en température ou non?
Oui en ce qui concerne l'année de référence et les projections. Non en ce qui concerne l'année 1990, prise comme référence dans le protocole de Kyoto.
- Quelle est la désagrégation régionale du modèle et comprend-il une représentation des émissions au niveau régional?
Pour l'instant, il existe une représentation des émissions au niveau de la Belgique et de la Wallonie.

Représentation des secteurs, des technologies et des types d'émissions

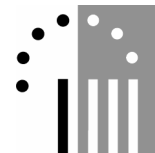
- Quels secteurs sont représentés?
Le niveau de désagrégation des secteurs est fonction de la région, ce qui permet de tenir compte de la situation spécifique de la région et de la disponibilité des données.
- Quel type de représentation est proposée pour le secteur des transports (passagers, fret, aérien, maritime, etc.)?
Le transport routier fait l'objet d'un module distinct, au niveau de détail du logiciel d'inventaire d'émissions Copert 3 de CORINAIR (c'est-à-dire comprenant 11 catégories de véhicules, 3 types de trajet et 3 carburants, et prend en compte la répartition des voitures par classe d'âge). Les autres transports sont représentés de manière plus agrégée.
- Quel type de représentation est proposée pour le secteur de la production d'électricité?
Le modèle se base sur un calcul centrale par centrale. Il représente la production brute d'électricité et, par vecteur, la consommation de combustibles, l'autoconsommation des centrales, la consommation d'électricité du pompage-turbinage, les pertes de transport et distribution. Une distinction est faite entre producteurs-distributeurs et autoproducteurs. L'autoproduction et la cogénération sont représentés par secteur de consommation finale.



- Quelles sources et puits de gaz à effet de serre sont représentés dans les différents secteurs (énergie, processus,...) et quels gaz à effet de serre directs (les 6 gaz Kyoto) et indirects (CO, COV, NOx, etc.) sont pris en compte?
Toutes les sources d'émissions sont représentées (tant énergie que process). Les puits pourraient être ajoutés si nécessaire. Le modèle prend en compte le CO2, le CH4, le N2O. Les HFC, PFC et SF6 seront intégrés d'ici juillet 2003.
- Quels types de technologies de réduction des émissions sont représentés (cogénération, etc...)?
Le modèle prend en compte une centaine de technologies de réduction, qui peuvent se classer dans les catégories suivantes :
 - *économies d'énergie pures (bonne gestion, modification de comportements, récupération de chaleur, récupération de combustible, recyclage de matériaux, moteur à vitesse variable, intégration énergétique, isolation thermique, éclairage efficace, changement de procédé, équipements à meilleur rendement) ;*
 - *cogénération ;*
 - *énergies renouvelables ;*
 - *substitution énergétique.*
- Le modèle permettrait-il de fournir des éléments pour l'élaboration de choix optimaux dans une politique de réduction intégrant plusieurs gaz à effet de serre ? (politique multi-gaz)
Oui. Le modèle calcule les niveaux d'émissions de l'ensemble des gaz à effet de serre directs en équivalents-CO2. Les coûts de réduction sont disponibles pour l'ensemble des mesures de réduction du CO2, et partiellement pour les autres gaz. Il est à remarquer que pour ces autres gaz, des hypothèses sont parfois nécessaires sur la quote-part des coûts à imputer à d'autres politiques que celle du changement climatique.

Effets des mesures

- Les effets de quels instruments peuvent-ils être étudiés :
 - o Mesures fiscales (taxes environnementales, subsides, charges sur le travail...)?
Partiellement (par exemple : impact sur le potentiel à coût négatif).;
 - o Echanges d'unités d'émission (au niveau national, européen et mondial via les mécanismes JI et CDM) ?
Oui, par le calcul du potentiel rentable pour un prix d'unité d'émission donné.
 - o Dispositions réglementaires ?
Oui, grâce à la finesse de désagrégation sectorielle (exemples : limite d'émissions de GES par tonne produite, réduction de la consommation spécifique d'un certain type d'appareil ménager).
 - o Initiatives de communication (information/sensibilisation) ?
Non.
 - o Accords négociés (par industrie ou par secteur) ?
Oui, exemples : calcul du potentiel inférieur à un temps de retour donné, calcul de l'impact d'un objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique sectoriel.
 - o Initiatives de recherche et développement ?
Possibilité de calculer l'impact de la disponibilité d'une nouvelle technologie dont les caractéristiques seraient connues.



- Libéralisation du marché de l'énergie ?
L'impact de la libéralisation est pris en compte de manière exogène au travers des hypothèses de prix énergétiques.
- Mesures d'adaptation au changement climatique ?
Non.
- Comment l'objectif de Kyoto est-il appliqué au modèle (shadow price, ...)?
Il peut l'être de différentes manières. La plus courante est d'imposer un plafond de coût marginal exprimé en €/t éq-CO2. Etant donné que le modèle prend en compte la dispersion sur le coût des technologies, il faut procéder par approximations successives, en adaptant le plafond de coût en fonction de l'écart entre le niveau de réduction atteint et le niveau à atteindre.
- Les effets des mesures peuvent-ils être analysés par mesure et de façon intégrée ? Comment sont traités les double comptages?
Oui, le modèle calcule la contribution de chaque technologie par secteur. Les doubles comptages sont évités en réduisant le potentiel de chaque technologie à concurrence des économies réalisées par les technologies concurrentes qui sont moins coûteuses (exemple : le potentiel d'économie des chaudières à condensation est réduit en fonction du niveau d'isolation thermique, ou vice-versa).
- Est-il tenu compte de rétroactions (positives et négatives) des mesures prises sur l'ensemble de l'économie et éventuellement au-delà ?
Non. Toutefois, à cet effet, il est prévu un couplage entre EPM et un modèle macroéconomique (voir plus loin).
- Le modèle permet-il de distinguer les changements d'émissions liés aux progrès technologiques par rapport aux variations liées à une évolution structurelle de l'économie?
Oui, puisqu'on connaît l'évolution des secteurs à un niveau désagrégé et l'évolution des émissions de chacun.
- Le modèle peut-il estimer le rôle des substitutions de combustibles dans l'évolution des émissions?
Les substitutions de combustibles sont exogènes dans le scénario de référence. Dans les scénarios alternatifs, le modèle optimise la pénétration d'un ensemble de mesures de substitution énergétique (remplacement de charbon ou de fuel extra-lourd par du gaz naturel, remplacement de chauffage électrique par du gaz naturel).
- Est-ce que le modèle, après évaluation ex ante, peut également être utilisé pour une évaluation ex post des effets des mesures ? Si oui, comment l'exercice est-il ou serait-il mené ?
Le modèle n'a pas été conçu pour ce type d'exercice.

Coûts

- Avec quel niveau de détail le calcul des coûts des mesures est-il représenté ? (comment la répartition entre acteurs est-elle établie?)
Pour chaque technologie, le coût net est désagrégé en coût d'investissement, coût d'exploitation et valeur de l'économie d'énergie.



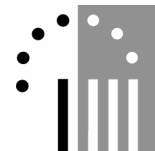
- Quelle définition des coûts est entendue? (coûts administratifs, coûts d'investissement, variation du bien être ou de l'utilité)
Il s'agit du coût pour l'utilisateur (coût d'investissement annualisé plus coût annuel d'exploitation, déduction faite de la valeur de l'économie d'énergie annuelle).
- Le modèle intègre-t-il des mesures de réductions à coût négatif (no-regrets mesures) ? Si non, pourquoi ?
Oui.
- Est-il tenu compte d'effets liés aux exportations et importations ?
Non (les variables d'activité restent exogènes).

Utilisation du modèle

- Le modèle peut-il servir dans le cadre de la préparation des plans d'allocations (répartition entre secteurs et/ou entre régions)?
Oui, étant donné sa dimension à la fois régional et nationale et la finesse de la désagrégation sectorielle.
- Quels sont les tests de sensibilité qui sont menés sur le modèle en projection et lors de l'évaluation des mesures (donnez des exemples)?
Etant donné le caractère bottom-up désagrégé du modèle, on peut calculer la sensibilité des résultats à de nombreux paramètres, en fonction des besoins de l'utilisateur (exemple : plafond de coût à la tonne de CO₂, taux d'actualisation, prix énergétiques, évolutions de variables d'activité, taxe CO₂, coûts ou taux de pénétration maxima de mesures...).
- Est-ce que les incertitudes et la marge d'erreur sur les données utilisées sont quantifiées et prises en compte dans la présentation des résultats ?
Une marge d'erreur peut être estimée par la réalisation d'analyses de sensibilité. Il faut toutefois définir la marge d'erreur que l'on cherche à quantifier, car il existe une incertitude sur de nombreux paramètres.

Développements

- Quels sont les développements planifiés ?
Etude en cours pour la Région wallonne pour la construction de scénarios d'émissions de CO₂ à partir d'une approche intégrée, basée sur le modèle technico-économique EPM et le modèle macroéconomique d'équilibre général BelMod (Prof. Ali Bayar, ULB).
- Quels seraient les développements possibles pour améliorer la pertinence du modèle dans le processus de prise de décision ?
 - *extension de la régionalisation à l'ensemble des régions ;*
 - *développement du lien entre EPM et le modèle macroéconomique BelMod ;*
 - *la représentation et l'estimation de l'efficiency-gap (c'est-à-dire de la distinction entre « potentiel économique » et « potentiel de marché », de la mesure dans laquelle le potentiel à coût négatif peut effectivement être exploité dans la pratique).*



Information sur le modèle

- Le modèle est-il décrit sur un site web ou dans une publication disponible ?
*Oui, sur le site suivant des SSTC :
http://www.belspo.be/belspo/ostc/geninfo/publ/pub_ostc/CG2131/rfASE1001_fr.pdf*
- L'accès au code informatique et aux banques données est-il envisageable par d'autres équipes pour des objectifs de recherche?
L'utilisation du modèle, qui est en constante évolution, est complexe et le logiciel n'est pas conçu pour un transfert à des tiers.
- Disposez-vous et diffusez-vous la liste des paramètres et variables endogènes et exogènes utilisées dans votre modèle ? Si cette liste s'avérait fort longue, pourriez-vous estimer la proportion de variables exogènes par rapport aux variables endogènes ?
Cette liste peut être établie et communiquée.

Autres

De votre point de vue de modélisateur, quels aspects, pertinents pour l'élaboration de politiques climatiques, mériteraient d'être abordés par les utilisateurs dans leur analyse des résultats et sont insuffisamment abordés dans les questions reprises ci-dessus ?

- *prise en compte des effets de structure intra-sectoriels en matière de CO₂ (au sein d'un même secteur, tel que la sidérurgie ou les minéraux non métalliques, l'intensité en émission de CO₂ de la valeur ajoutée ou de la valeur de la production peut différer d'un facteur 10 d'une activité à l'autre) ;*
- *prise en compte de la production de gaz fatals (gaz de cokerie, gaz de haut fourneau...) et de leur écoulement dans d'autres secteurs ;*
- *prise en compte de la dispersion sur le coût des mesures ;*
- *le niveau de détail dans la représentation de la cogénération, et notamment l'affectation sectorielle de celle-ci (la cogénération permet une réduction de la production centralisée d'électricité, mais elle accroît les émissions directes du site où elle est mise en œuvre).*



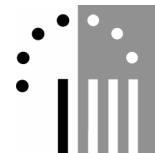
➤ **MULTIPOL** **J. Duerinck** **VITO**

Algemene context

- Naam van het model?
MULTIPOL
- Op welke economische theorie is het model gestoeld?
Micro-economische theorie van het gedrag van producenten.
- Hoe kan u het model het best typeren?
Een bottom-up emissiemodel van de LPS van de Belgische industrie. Het is een jaar – per jaar optimalisatiemodel. De typische horizon is 10-15 jaar maar deze termijn kan ook langer zijn.
- Voor welk gebruik werd het oorspronkelijk ontwikkeld ?
Als beleidsondersteunend instrument voor de NEC richtlijn voor SO₂,NOX,VOS en NH₃.
- Wanneer zijn de gegevens waarop het model berust voor het laatst substantieel bijgewerkt? Is daarbij gezocht naar een harmonisatie met de gegevens gebruikt in de projecties gemaakt door de EU met het POLES en het PRIMES model?
De database bevat alle emissiegegevens van 2000. De database is op zeer gedetailleerd niveau zodat in principe de POLES en PRIMES aggregaten kunnen gereconstrueerd worden.
- Hoe is technologische vooruitgang gemodelleerd?
Kan exogeen ingebracht worden via keuze technologieën.
- Zijn de gegevens genormaliseerd voor de temperatuur of niet?
Neen.
- Wat is de regionale desaggregatie van het model en laat het model een regionale verdeling van emissies toe?
De database bevat de Lambert coördinaten van alle installaties en tevens de regio.

Voorstelling van de sectoren en soorten emissies

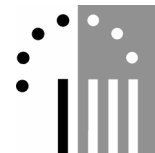
- Welke sectoren worden voorgesteld ?
Alle industriële ondernemingen en de energieconversie. Voor Vlaanderen worden in de database alle bedrijven opgenomen die een emissiejaarverslag insturen. Oor Wallonië alle LPS. Voor het optimalisatiemodel kan een selectie gemaakt worden in functie van het belang van bepaalde emissies, het energiegebruik, en andere criteria.
- Hoe wordt de transportsector voorgesteld (passagiers, vracht, luchtvaart, maritiem, enz.)?
Niet.



- Hoe wordt de productie van elektriciteit voorgesteld?
Met expliciete technologieën (bestaande en toekomstige, co-generatie, in de basislast of niet, ...), reserve capaciteit.
- Welke emissiebronnen en –putten worden weerhouden voor iedere gemodelleerde sector (energiegerelateerde, procesgebonden, biosfeer), en welke directe (de 6 gasen uit Kyoto) en indirecte broeikasgassen (CO, VOC, NOx, enz.) worden daarbij voorgesteld?
De industriële emissies van alle belangrijke bronnen en alle polluenten. Voor de optimalisatiemodule moet een selectiegemaakt worden.
- Welke verschillende emissiereductietechnologieën kunnen worden voorgesteld (co-generatie, etc....) ?
End-of-pipe maatregelen voor niet BKG, brandstofsubstitutie, procesgeïntegreerde maatregelen.
- Kan het model elementen aanbrengen voor het uitwerken van een optimaal emissiereductiebeleid dat meerdere broeikasgassen omvat (multi-polluentenbeleid)?
Ja.

Effecten van maatregelen

- Van welke beleidsinstrumenten kunnen de effecten worden doorgerekend?
 - o Fiscale instrumenten (milieuheffingen, subsidies, ..)?
Fiscale instrumenten gerelateerd tot energiegebruik, heffingen op emissies.
 - o Verhandelbare emissierechten (nationale, Europese en internationale emissiehandel, JI en CDM)?
Als een opportuniteitskost.
 - o Instrumenten van directe regulering?
Ja.
 - o Communicatieve instrumenten (informatie/sensibilisering)?
Exogeen
 - o Vrijwillige overeenkomsten/convenanten (per industrie of per sector)?
Ja vermits alle bedrijven expliciet worden opgenomen
 - o Onderzoek & ontwikkeling?
Nee.
 - o Vrijmaking van de energiemarkten?
Nee
 - o Maatregelen voor aanpassing aan klimaatverandering?
Nee.
- Hoe wordt de Kyotodoelstelling in het model geïntroduceerd (shadow price)?
Als een opportuniteitskost.
- Volgens welke methode gebeurt de berekening van de effecten van maatregelen? Kunnen deze zowel afzonderlijk als gezamenlijk worden berekend? Hoe wordt dubbel telling vermeden?
Door de stroomvoorstelling met identificatie van de processen wordt dubbel telling vermeden.



- Wordt rekening gehouden met (positieve en negatieve) terugkoppelingseffecten van de maatregelen op het niveau van de gehele economie?
In een latere fase van het project is wel voorzien dat we een poging zouden ondernemen om dit te introduceren.
- Kan het model een onderscheid maken tussen veranderingen in emissies die veroorzaakt worden door technologische vooruitgang en door structurele veranderingen in de economie?
Ja, omdat alle emissies gerelateerd zijn aan welbepaalde installaties.
- Kan het model bepalen welke de rol is van substitutie tussen brandstoffen in de verandering van emissies?
Ja.
- Kan het model, naast een evaluatie ex-ante, ook worden gebruikt voor een ex-post evaluatie van de effecten van maatregelen? Hoe gebeurt dit of hoe zou dit in de toekomst kunnen gebeuren?
Neen.

Kosten

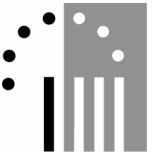
- Hoe gedetailleerd gebeurt de berekening van de kosten van de maatregelen (hoe wordt de verdeling over de verschillende actoren bepaald)?
Investerings en operationele kosten van alle nieuwe technologiekeuzes. Afschrijvingen van bestaande installaties worden niet in rekening genomen omdat de investeringen irreversibel zijn.
- Integreert het model reductiemaatregelen tegen negatieve kosten (no-regret measures)? Zoniet, waarom?
Neen, misschien in simulatiemodus.
- Wordt rekening gehouden met effecten op import/export?
Neen.

Gebruik van het model

- Kan het model worden ingezet bij de voorbereiding van het nationale allocatieplan (verdeling tussen sectoren en/of gewesten)?
Ja.
- Werden de onzekerheden en foutenmarge op de gebruikte gegevens gekwantificeerd en meegenomen in de presentatie van de resultaten?
Neen.

Informatie over het model

- Is het model op een website of in een toegankelijke publicatie omschreven?
Neen.



- Is het denkbaar dat andere onderzoekers voor hun wetenschappelijk onderzoek toegang zouden hebben tot de informaticacodes en de gegevensbanken?
De partners in het project wel.

- Beschikt u over een lijst met parameters en endogene en exogene variabelen gebruikt in het model, en kan deze lijst worden verspreid? Indien deze lijst te lang is, kan u een schatting maken van het aandeel exogene variabelen ten opzichte van het aandeel endogene variabelen?
Niet relevant.