

SIMULATION DE STRATEGIES DE NEGOCIATIONS POST-KYOTO

DANS UN REGIME CLIMATIQUE
INTERNATIONAL FRAGMENTE

Sommaire

1. Méthodologie

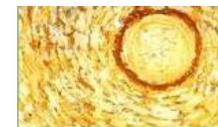
1. Contrôle stochastique et jeux différentiels
2. GEMINI-E3
3. TIAM
4. Harmonisation et couplage
5. Calcul d'équilibres sous contraintes couplées par méthodes d'oracles.

2. Applications

1. Influence de l'OPEP dans un régime climatique global
2. Répartition équitable d'un budget d'émission
3. Simulation de régimes fragmentés

Méthodologie

- Une approche basée sur la commande optimale stochastique et les jeux dynamiques (illustration sur des modèles qualitatifs agrégés).
- Les simulations numériques du projet reposent principalement sur les deux modèles **GEMINI-E3** et **TIAM**.
- Les deux modèles ont été revus et enrichis pour les besoins particuliers du projet, et un important travail **d'harmonisation et de couplage** des deux modèles a été effectué pour les utiliser de manière coordonnée.
- Une méthode de calcul d'équilibres avec contraintes couplées a été utilisée pour résoudre un jeu dont les gains ont été estimés par des simulations de **GEMINI-E3**.



Contrôle stochastique et jeux différentiels

AUT: 3671

Model

pp. 1-14 (col. fig: NTL)

ARTICLE IN PRESS

Available online at www.sciencedirect.com



ELSEVIER

ScienceDirect

automatica

Automatica xx (xxxx) xxx-xxx

www.elsevier.com/locate/automatica

International Game Theory Review, Vol. 10, No. 4 (2008) 337-362
© World Scientific Publishing Company

World Scientific
www.worldscientific.com

A stochastic control model for optimal timing of climate policies*

O. Bahn^{a,*}, A. Haurie^b, R. Malhamé^c

^a GERAD and MQG, HEC Montréal, Montréal, Canada

^b GERAD and ORDECSYS, Geneva, Switzerland

^c GERAD and Ecole Polytechnique, Montréal, Canada

Received 1 July 2007; accepted 31 March 2008

Abstract

A stochastic control model is proposed as a paradigm for the design of optimal timing of greenhouse gas (GHG) emission abatement. The reduction of uncertainty concerning climate sensitivity and the technological breakthrough providing access to a carbon-free production economy are modeled as controlled stochastic jump processes. The optimal policy is characterized using the dynamic programming solution to a piecewise deterministic optimal control problem. A numerical illustration is developed with a set of parameters calibrated on recently proposed models for integrated assessment of climate policies. The results are interpreted and the insights they provide on the timing issue of climate policy are discussed.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

While climate change has become an issue of primary concern for virtually all countries around the world, highly industrialized nations rightly feel particularly concerned. Indeed, it is the strong correlation between wealth production

as a process or as a consequence), and the carrying of their fair share of controlling greenhouse gas (GHG) emissions?

Rational answers to the above question critically depend on both an understanding of the impact of human activity on climate, in particular the impact of GHG concentrations in the earth atmosphere on average surface air temperature (SAT),

19
20
21
22
23
24

A CLASS OF GAMES WITH COUPLED CONSTRAINTS TO MODEL INTERNATIONAL GHG EMISSION AGREEMENTS

O. BAHN

GERAD and MQG, HEC Montréal
Montréal, Canada

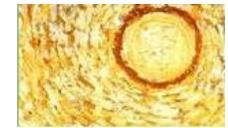
A. HAURIE

ORDECSYS, Geneva, Switzerland
University of Geneva, Switzerland
and
GERAD and MQG, HEC Montréal
Montréal, Canada

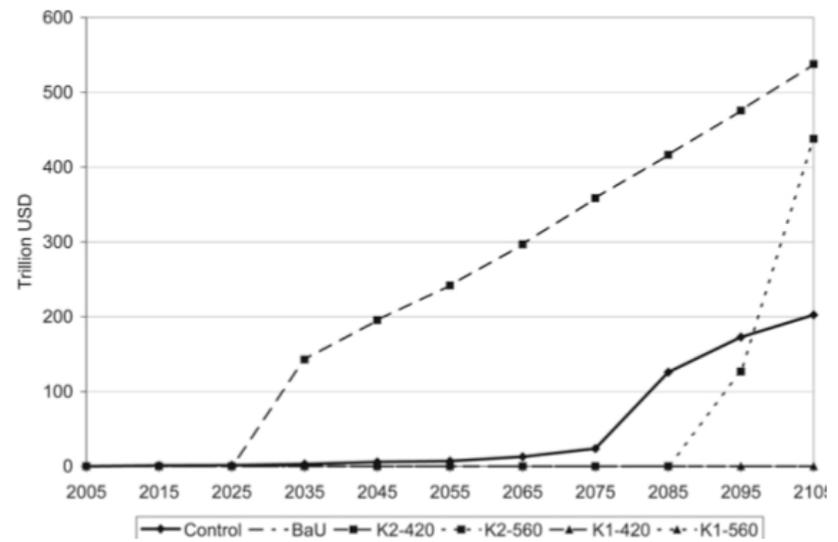
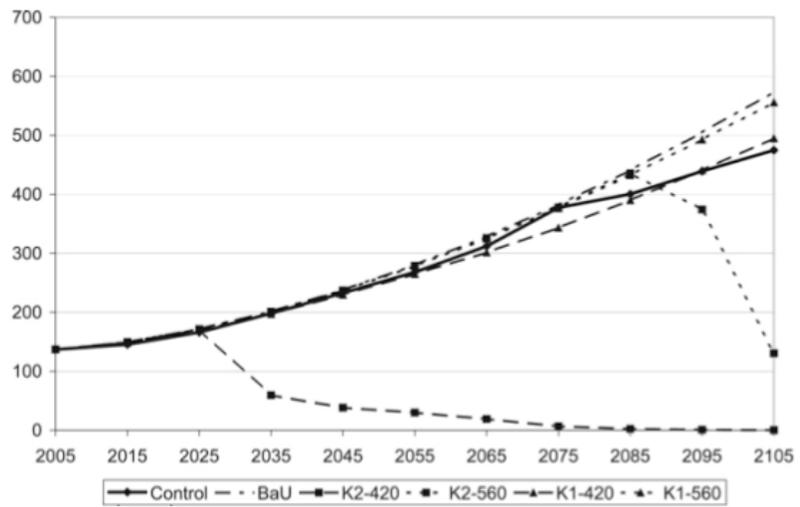
This paper deals with the design of equilibrium solutions with coupled constraints in dynamic games of greenhouse gas (GHG) emissions abatement. Self enforcing International Environmental Agreements (IEA) among different groups of countries call for Nash equilibrium solutions when the abatement strategies of the countries are defined. In this paper we study the effect of having another party, like e.g. the United Nations which would impose to all players a coupled constraint on the total emissions allowed over the 21st century, or on the concentration of carbon reached at the end of the century. We show, using different formulations of environmental game, that the normalized equilibria obtained under a coupled constraint on emissions or concentration is close to Pareto optimality. This gives a clue on the way the post Kyoto negotiations could yield an agreement which could be close to efficiency.

1. Introduction

Contrôle stochastique

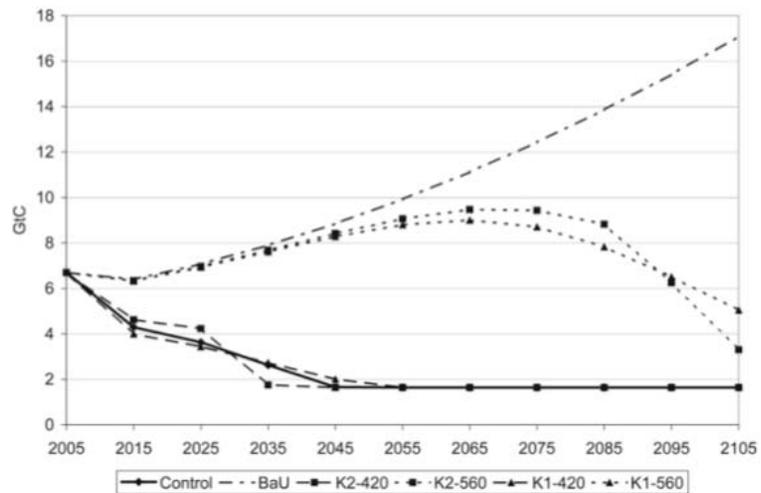


GICC-2005



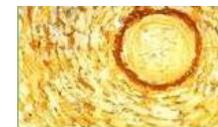
K_1

K_2



E

Jeu différentiel

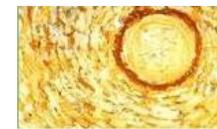


GICC-2005

	BaU	Pareto	Rosen	Nash
2005	808.80	808.80	808.80	808.80
2015	845.34	824.47	831.64	831.77
2025	887.63	839.05	856.62	856.93
2035	936.65	853.50	883.25	883.79
2045	993.17	868.40	911.12	912.03
2055	1,057.99	883.98	939.95	941.42
2065	1,131.87	900.42	969.58	971.89
2075	1,215.61	918.04	997.63	1,003.62
2085	1,310.03	924.54	1,018.44	1,037.17
2095	1,415.87	925.77	1,021.71	1,056.23
2105	1,533.72	926.15	1,020.38	1,072.49
2135	1,952.79	1,014.51	1,014.51	1,212.81

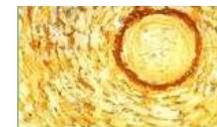
M

	Pareto		Rosen		Nash	
	1	2	1	2	1	2
2005	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
2015	54.59	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
2025	78.46	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2035	94.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2045	109.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2055	126.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2065	146.73	0.00	27.42	0.00	0.00	0.00
2075	168.68	180.37	135.43	1.59	0.00	0.00
2085	191.98	310.31	186.94	258.58	0.00	262.15
2095	216.43	384.57	218.71	374.87	0.00	380.86
2105	240.60	346.32	243.36	441.64	0.00	304.78



GEMINI-E3

- GEMINI-E3 est un **modèle d'équilibre calculable de l'économie mondiale**, dynamique et récursif, à plusieurs secteurs et plusieurs pays/régions. Il a été spécifiquement conçu dès le pour produire les éléments macro-économique pertinents pour l'évaluation des politiques énergétiques et environnementales, en particulier celles qui sont liées au changement climatique.
- GEMINI-E3 représente l'économie globale en décrivant l'ensemble des secteurs de l'économie mondiale **à travers 28 régions, et utilise une nomenclature en 18 secteurs/produits**. Pour chacun des secteurs le modèle décrit un équilibre ressources-emploi détaillant d'un côté la production et les importations, de l'autre les utilisations finales du bien (consommation des ménages, exportation, investissement) de même que les consommations intermédiaires.
- Il inclut donc la description de tous les intrants liés à la production, la demande des ménages, et l'ensemble des échanges internationaux de biens et services, et **les émissions de gaz à effet de serre (CO2 lié à la combustion d'énergie fossile et autres gaz à effet de serre compris dans le « panier Kyoto » CH4, N2O, gaz fluorés)**.



***GEMINI-E3*, a general equilibrium model of international–national interactions between economy, energy and the environment**

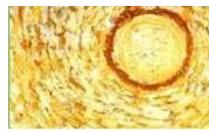
Alain Bernard · Marc Vielle

© Springer-Verlag 2007

Abstract The purpose of this paper is to present the new version of GEMINI-E3, which is the fifth and incorporates significant changes from the previous version in particular with respect to its size and its modularity. GEMINI-E3 is a Computable General Equilibrium Model and represents now a family of models of different specifications and with several successive versions. It retains many specifications that are common to CGE models but also some specific features, mainly concerning the measurement and analysis of the welfare cost of policies and the great detail in the representation of taxation and social security contributions. The paper gives a detailed presentation of the model, its main blocks and equations, and shows how it can be adapted to specific contexts. In particular a new version is being developed jointly with the standard one, taking into account the constraints of the European Monetary Union and the unbalances in the labor markets of industrialized countries (GEMINI-EMU). This clearly shows that CGE models, beside their main virtue that is total consistency at the domestic and at the world levels, are very flexible in their specification.

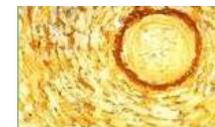
1 Introduction

TIAM



GICC-2005

- TIAM (**TIMES Integrated Assessment Model**) est la plus récente incarnation de la famille des modèles technico-économiques TIMES, dont des exemples plus anciens sont MARKAL et EFOM.
- Le modèle TIAM intègre **l'ensemble du système énergétique** : ressources primaires, conversion, transport, distribution, et usages finals. Ce système énergies-technologies oeuvre de façon cohérente pour la satisfaction de plus de 60 demandes économiques dans tous les secteurs d'utilisation. Ces demandes sont elles-mêmes élastiques à leur propre prix, assurant donc un lien direct du système énergétique avec l'activité industrielle et des ménages.
- TIAM calcule un **équilibre dynamique inter-temporel sur les marchés énergétiques**, sur un horizon de long terme (jusqu'en 2100) divisé en périodes de longueur variable choisies par l'utilisateur. Les émissions de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄ et N₂O) d'origine énergétique, industrielle, agricole, et des sols sont représentées au niveau de chaque technologie; La contribution au changement climatique des autres gaz à effet de serre (non explicitement modélisés) est comptabilisée directement par leur forçage radiatif.
- TIAM intègre aussi un **module climatique** qui, partant des émissions de gaz à effet de serre du modèle, calcule leurs concentrations atmosphériques en simulant leurs cycles de vie, puis le forçage radiatif total résultant de ces gaz et des autres effets de forçage non explicitement modélisés dans TIAM, et enfin, le changement des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan. Le module climatique permet de faire tourner TIAM en lui imposant des cibles précises sur n'importe laquelle de ces variables climatiques.



CMS
DOI 10.1007/s10287-007-0046-z

ORIGINAL PAPER

ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model Part I: Model structure

Richard Loulou · Maryse Labriet

© Springer-Verlag 2007

Abstract In this first part of a two-part article, the principal characteristics of the TIMES model and of its global incarnation as ETSAP-TIAM are presented and discussed. TIMES was conceived as a descendent of the MARKAL and EFOM paradigms, to which several new features were added to extend its functionalities and its applicability to the exploration of energy systems and the analysis of energy and environmental policies. The article stresses the technological nature of the model and its economic foundation and properties. The article stays at the conceptual and practical level, while a companion article is devoted to the more detailed formulation of TIMES equations. Special sections are devoted to the description of four optional features of TIMES: lumpy investments, endogenous technology learning, stochastic programming, and the climate module. The article ends with a brief description of recent applications of the ETSAP-TIAM model.

CMS
DOI 10.1007/s10287-007-0045-0

ORIGINAL PAPER

ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model. part II: mathematical formulation

Richard Loulou

© Springer-Verlag 2007

Abstract This article is a companion to “ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model. part I: model structure”. It contains three sections, presenting respectively: the simplified formulation of the TIMES Linear Program (Sect. 1), the details of the computation of the supply demand equilibrium (Sect. 2), and the Endogenous Technology Learning Formulation (Sect. 3). The full details of these three formulations are available in the complete TIMES documentation at www.etsap.org/documentation.

1 A streamlined description of the TIMES optimization program

A linear programming problem consists in the minimization (or maximization) of an *objective function* defined as a mathematical expression of *decision variables*, subject to *constraints* (also called *equations*¹) also expressed mathematically. Very large instances of Linear Programs involving hundreds of thousands of constraints and variables may be formulated in the GAMS language, and solved via powerful Linear Programming optimizers.² The Linear Program described in this section is much simplified, since it ignores many exceptions and complexities that are not essential for a basic understanding of the model.

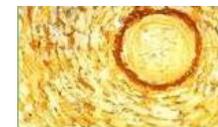
Harmonisation et couplage des modèles TIAM et GEMINI-E3

- Dans l'approche harmonisée, TIAM est **piloté par un vecteur de demandes** de services énergétiques qui sont directement dérivées de GEMINI-E3, assurant ainsi l'harmonisation des hypothèses socio-économiques des deux modèles.
- Quant à GEMINI-E3, il est **alimenté par les prix de l'énergie** tel que calculé par TIAM. Dans l'approche couplée, nous avons construit et implanté une méthode de couplage des deux modèles dans laquelle certains résultats de TIAM sont injectés dans GEMINI pour mettre à jour les **prix des énergies ainsi que les mix d'intrants énergétiques** de GEMINI.
- Ce couplage requiert l'application itérative de ces deux opérations, et la convergence observée est excellente. Le couplage a nécessité des modifications de certaines des fonctions de production de GEMINI-E3. La réalisation du couplage est un pas important vers l'utilisation de ces deux modèles faisant appel aux **qualités particulières et complémentaires** des deux outils.

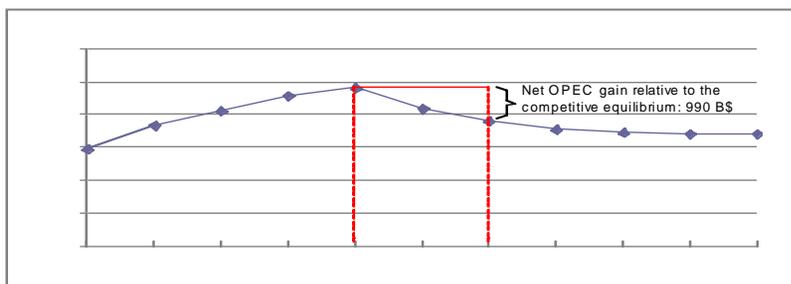
Applications

1. OPEP et un régime climatique mondial
2. Partage d'un budget global d'émissions
3. Simulation de régimes fragmentés

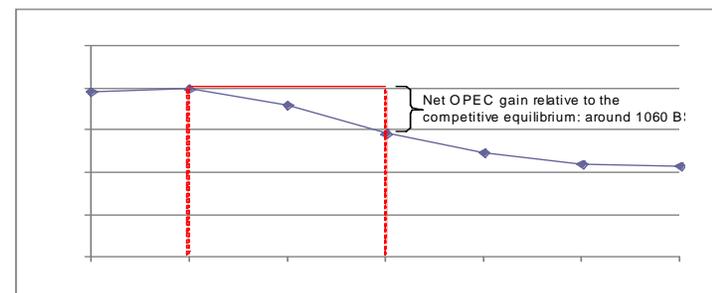
OPEP et un régime climatique mondial



GICC-2005



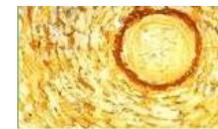
Cas de référence



Cas avec contrainte climatique

- Les décisions de l'OPEP sur ses quotas de production de pétrole ont été évaluées dans deux scénarios contrastés, l'un de **Référence** et l'autre de **poursuite d'un objectif climatique** traduit par une cible de forçage radiatif de $3,5 \text{ W/m}^2$ à ne pas dépasser.
- Pour chaque scénario, nous avons simulé à l'aide de TIAM une série de **niveaux de quotas de production** possibles, et pour chaque niveau, nous avons déterminé le profit net de l'OPEP.
- Dans les deux cas, il s'avère que l'OPEP a intérêt à fixer ses **quotas de production à 80% de la quantité de pétrole en l'absence de quotas** (la situation sans quotas correspond au marché concurrentiel).
- Nous observons aussi que le profit optimal de l'OPEP, proche de 4000 G\$ dans le scénario climat, est **plus faible de 24%** du profit obtenu dans le scénario de référence, pouvant signifier la réticence de l'OPEP face à tout accord international sur les changements climatiques.

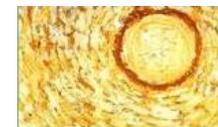
OPEP et un régime climatique mondial



GICC-2005

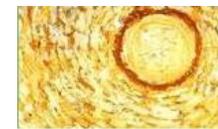
- Un deuxième résultat recherché consistait en **l'évaluation de la perte de bien-être global** (mesurée par la diminution du surplus total actualisé) provoquée par la politique de quotas optimaux de l'OPEP. Cette perte actualisée s'élève à environ 1700 G\$ dans le scénario de référence et à 1600 G\$ dans le scénario climatique. Ces pertes ne sont pas négligeables, mais restent cependant en deçà de 0,1% du PIB mondial actualisé dans les deux scénarios. Autrement dit, l'OPEP n'a pas un pouvoir d'influence majeur sur le bien-être global.
- Quant à l'évaluation de l'impact des quotas optimaux sur la politique climatique, la comparaison des coûts de la politique climatique avec et sans quotas est plutôt rassurante puisqu'il s'avère que ce coût est légèrement plus faible (d'environ 100 G\$) lorsque l'OPEP applique une politique de quotas optimaux que lorsqu'elle ne le fait pas. La différence est minime, mais elle démontre que **l'OPEP n'a pas d'influence notable sur les politiques climatiques globales.**
- Autrement dit, dans le scénario climatique, l'OPEP ne tire aucun avantage à « inonder » le marché en augmentant sa production : **la contrainte climatique a plus de poids que les stratégies de production de l'OPEP.** On observe même un effet positif des quotas dans le scénario climatique, car les quotas renforcent les décisions technologiques prises pour atténuer les émissions de gaz à effet de serre, par l'intermédiaire de l'augmentation de prix du pétrole engendrée par les quotas, même dans le scénario climatique.

Répartition des budgets d'émission et impact sur le bien-être des différentes régions



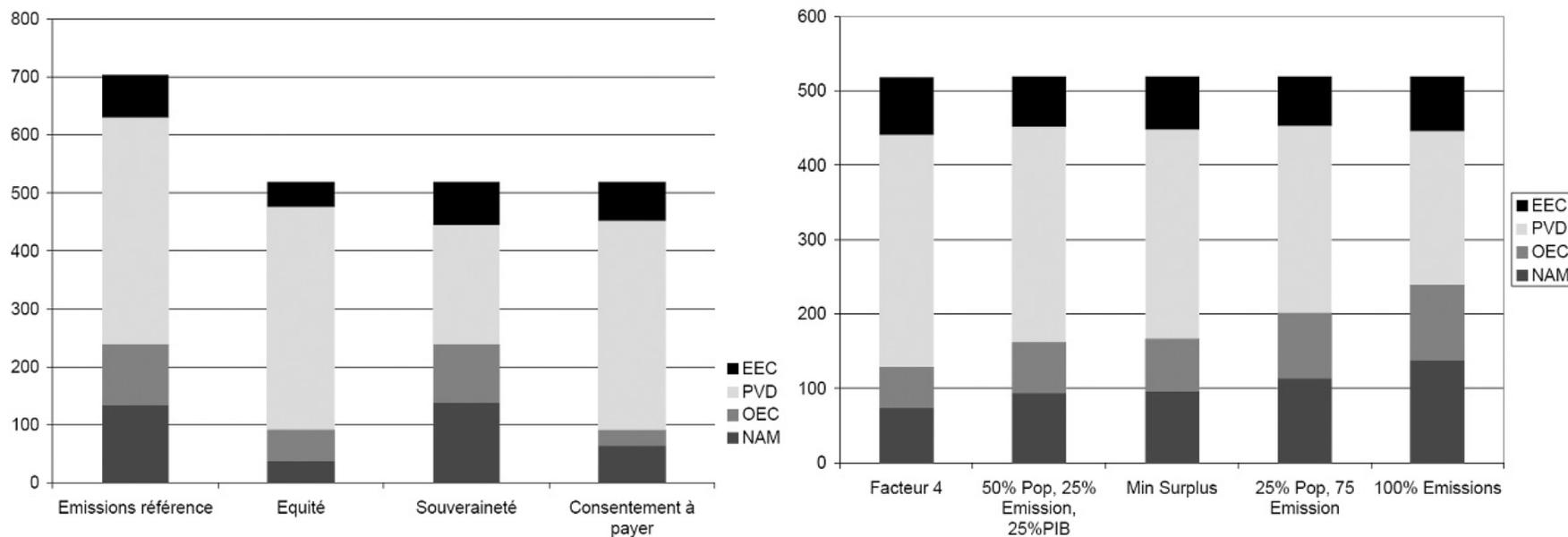
GICC-2005

- Nous avons utilisé GEMINI-E3 en détaillant quatre zones géographiques, respectivement **l'Amérique du Nord et l'Océanie** (NAM), **les autres pays de l'OCDE** (OEC), **les principaux pays exportateurs de pétrole** (EEC) et les **pays en développement** (PVD).
- Nous avons calculé pour chacun des critères les répartitions obtenues en utilisant comme indicateur d'égalité **la population de 2001**, de souveraineté **les émissions de 2001** et pour le consentement à payer, **le PIB de l'année 2001**. Nous avons finalement retenu 5 allocations :
 1. Une allocation accordant un poids de 50% à la population (égalité), de 25% aux émissions (souveraineté) et au PIB (consentement à payer);
 2. Une allocation accordant un poids de 25% à la population et de 65% au PIB;
 3. Une allocation uniquement basée sur le critère de souveraineté;
 4. Une allocation s'inscrivant dans la philosophie du facteur 4 et cherchant à faire porter l'effort principal sur les pays industrialisés, et accordant une allocation généreuse à la zone EEC en dédommagement des pertes de revenus consécutives à la baisse de demande d'énergie;
 5. Une allocation cherchant à minimiser les pertes de bien-être supportées par chacune des zones géographiques.



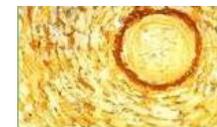
Répartition des budgets d'émission

Figure 2 : Dotations initiales (gauche : sur la base de critères standards, droite : critères finalement retenus et tests en GtCO₂-eq)

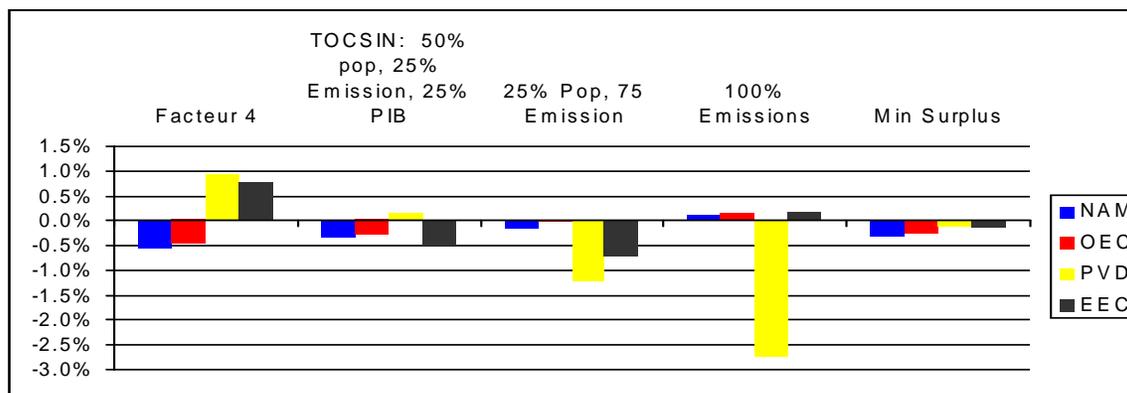


Jeu des allocations temporelles

- Une fois le budget d'émission global fixé (par ex. 520 GtC sur l'horizon 2005-2050) et **réparti selon une règle d'équité**
- Un **marché international de droits d'émissions** est mis en place avec “banking & borrowing”
- Les coalitions jouent alors un **jeu d'oligopole** sur l'offre de permis sur le marché aux différentes périodes.

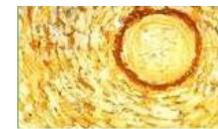


Impact sur le bien-être des différentes régions



- Le surplus des pays en développement apparaît très sensible aux allocations testées dans cette étude. Les règles privilégiant les émissions comme critère pénalisent évidemment cette région, dont les émissions actuelles ne sont pas très élevées, ce qui conduit à un coût important évalué à 2,5% de la consommation de cette zone dans le cas d'une règle basée uniquement sur ce critère.
- La règle facteur 4 par essence pénalise les pays industrialisés et favorise au contraire les zones EEC et PVD. Elle apparaît cependant acceptable pour les pays industrialisés car le coût n'est pas supérieur à 0.5% de la consommation des ménages, ce qui est supportable.
- Enfin, la règle conduisant à minimiser le maximum de surplus (en v.a.), si elle ne pénalise aucune zone, ne possède cependant pas de caractère incitatif pour les PVD comme la règle facteur 4. Toutefois, cette règle serait peut-être la meilleure car c'est celle qui amène le moins de différence entre les pays.

Conclusions



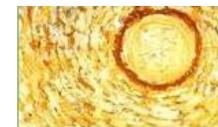
GICC-2005

- Le jeu simulé dans cette partie consistant, sur la base d'une dotation initiale de droit d'émission de GES, à calculer les allocations temporelles des pays dans le cadre d'un jeu non coopératif apporte plusieurs enseignements :
 - Tout d'abord le profil **d'émission** temporelle ne semble pas dépendre des dotations initiales et des règles servant à les construire;
 - Il semble donc bien possible de **séparer l'objectif de limitation du réchauffement climatique et le partage du fardeau de la réduction**, puisque ce dernier n'interfère pas sur la dynamique de l'abattement. Ce principe de séparation a déjà été évoqué dans plusieurs études;
 - La construction des règles servant à calculer la répartition de la dotation des droits d'émission apparaît **déterminante dans le coût assumé par les régions** et donc dans l'acceptabilité d'un objectif commun de réduction;
 - La négociation doit donc bien **privilégier ce point** car c'est lui qui déterminera à terme la construction d'un accord international en vue de limiter le réchauffement de notre climat.

Analyse de scénarios de coopération parfaite et fragmentée avec cible climatique globale

- Les différentes options qui s'offrent aux pays après Kyoto constituent un vaste éventail, qui a été examiné (en partie ou en totalité) lors des Conférences des Parties. Dans notre projet, nous avons voulu explorer quelques-unes de ces options, à la fois à titre d'exemples d'accords possibles, et aussi comme des démonstrations de ce que notre méthodologie peut offrir pour faciliter l'examen d'options complexes, par exemple lorsque les régimes de réduction des émissions sont asymétriques ou asynchrones. Nous qualifions ces régimes de **fragmentés**.
- Dans nos scénarios sauf celui de référence, une cible climatique globale est respectée, sous la forme d'un forçage radiatif total ne dépassant jamais une valeur limite. Nous avons essayé deux cibles: la première, de 3,5 W/m² et correspondant à une concentration de GES de 530 ppmv (CO₂-eq), s'est **révélée inatteignable** dans les scénarios fragmentés. Ainsi, la seconde cible de 3,75 W/m² a finalement été utilisée, correspondant à une concentration de 555 ppmv (CO₂-eq) respectivement (exprimées en CO₂-e). Nous avons utilisé le modèle TIAM, harmonisé avec GEMINI-E3, pour simuler 4 scénarios.

Analyse de scénarios fragmentés



GICC-2005

Scénario de référence (REF): aucune cible climatique n'est imposée.

Scénario efficient (EFF): tous les pays s'entendent pour coopérer à l'atteinte de la cible climatique en agissant de façon concertée et optimale dès 2012. Ceci implique qu'un système de permis échangeables général soit instauré dès 2012. Ce scénario ne prétend pas au réalisme mais sert plutôt d'étalon de comparaison pour les autres régimes. Les 2 autres scénarios sont fragmentés. On distingue trois groupes de pays :

Groupe 1 : Les pays de l'OCDE plus l'ancienne Union Soviétique

Groupe 2 : Chine et Inde

Groupe 3 : reste du monde

FRAG1: Le groupe 1 a l'obligation de maintenir ses émissions annuelles moyennes entre 2012 et 2050 au niveau de 75% de ses émissions de 1990. Le groupe 2 a l'obligation de maintenir ses émissions annuelles moyennes entre 2030 et 2050 au niveau de 85% de ses émissions de 2030. Le groupe 3 n'a aucune obligation de réduction avant 2050. Les échanges de permis commencent en 2020, et les pays des groupes 2 et 3 peuvent effectuer des réductions volontaires de leurs émissions dès 2020, et les vendre aux pays ayant des obligations de réduction. La coalition est générale après 2050, et coopère de façon optimale par la suite.

FRAG2: Ce scénario est identique au scénario FRAG1 à l'exception des échanges de permis, qui commencent en 2030 au lieu de 2020. Ceci implique que les pays des groupes 2 et 3 n'effectuent aucune réduction, même volontaire, avant 2030. Ainsi, les deux scénarios fragmentés, FRAG1 et FRAG2, diffèrent seulement parce que les pays du groupe 1 n'ont pas recours aux achats de permis des autres groupes entre 2020 et 2030.

Analyse de scénarios fragmentés

Tableau 1 : Perte de surplus mondial dans les différents scénarios

	Pertes de surplus (% du PIB mondial)	
	(M\$)	
REF	0	
EFF	11,872,456	0.73%
FRAG1	14,336,125	0.88%
FRAG2	14,787,236	0.90%

Analyse de scénarios fragmentés

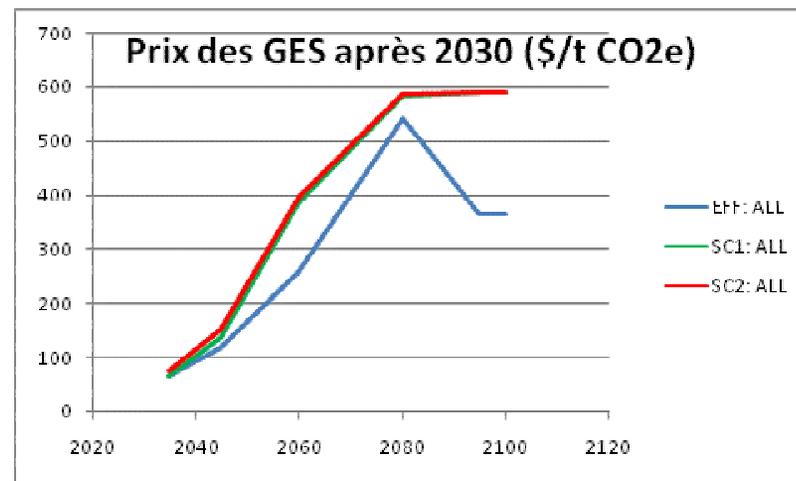
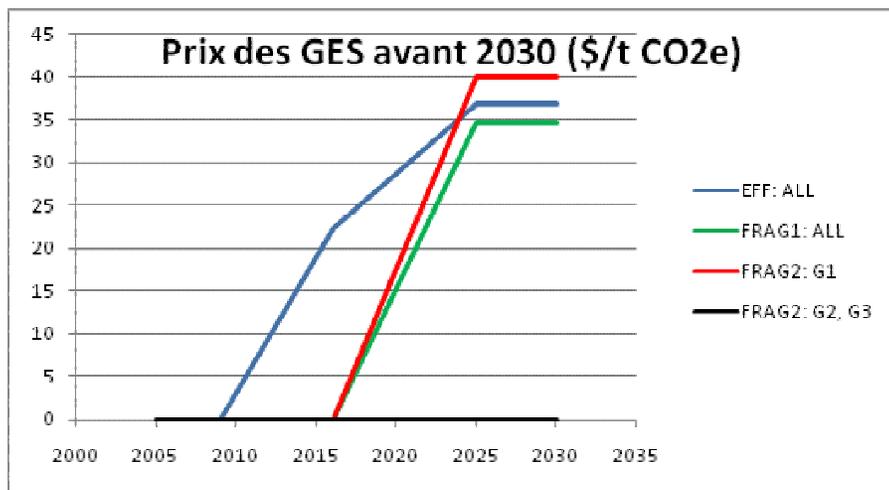
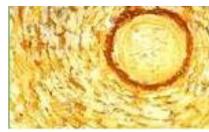


Figure 1. Prix des GES



Analyse de scénarios fragmentés

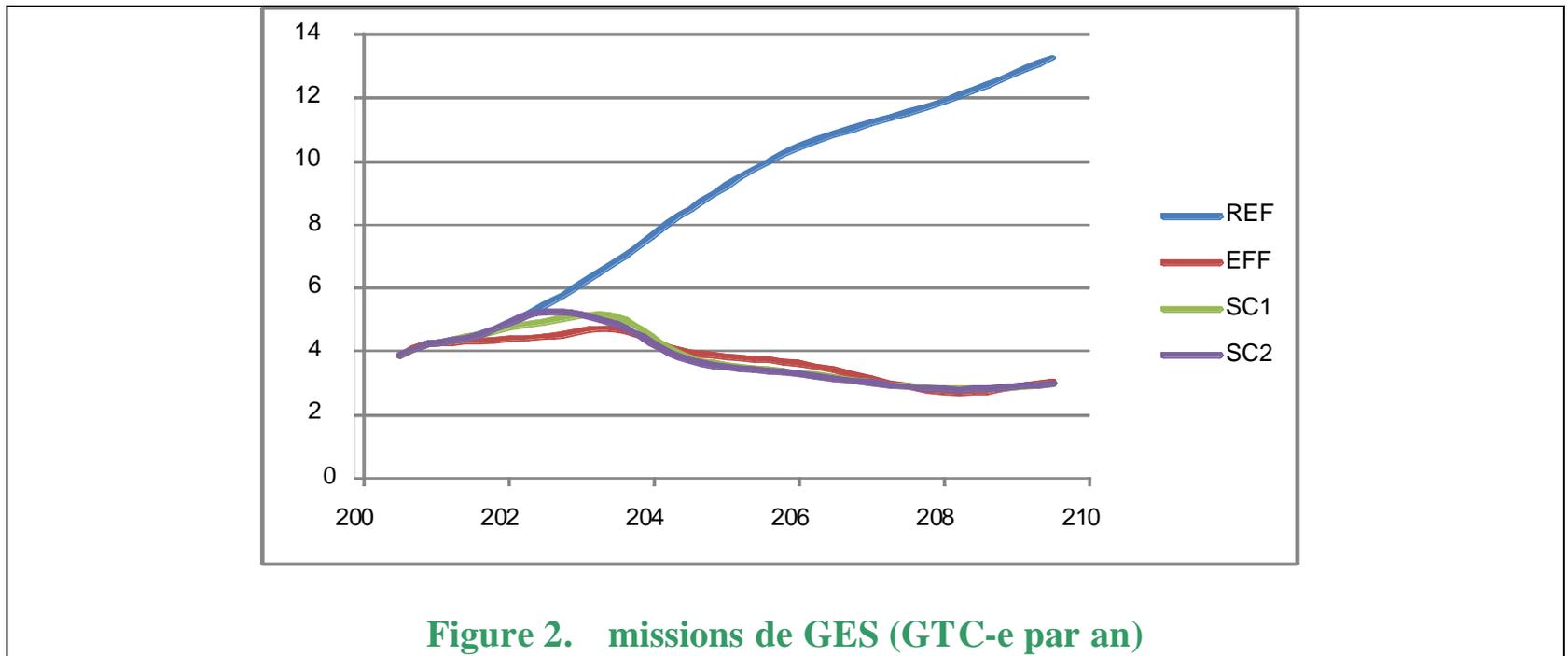
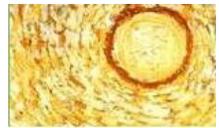


Figure 2. missions de GES (GTC-e par an)



GICC-2005

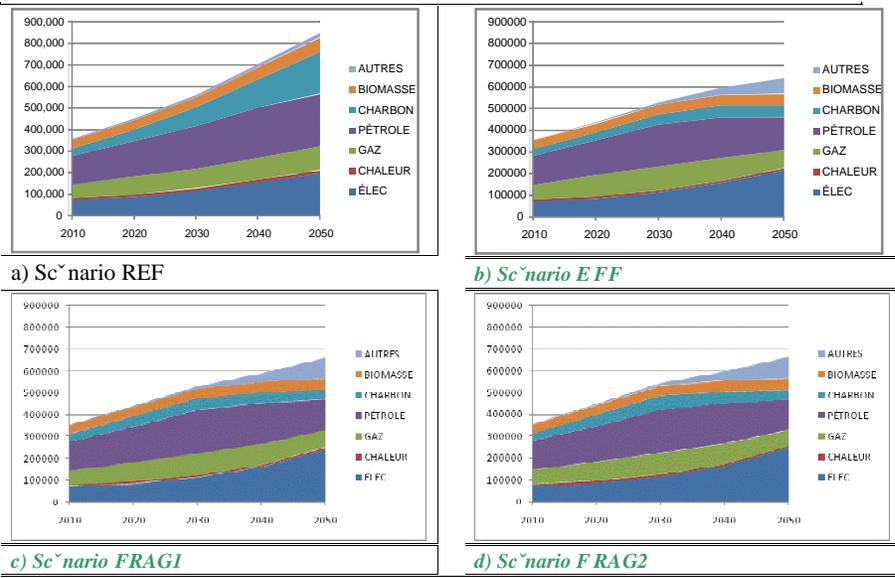


Figure 3. Énergies finales mondiales (PJ/an)

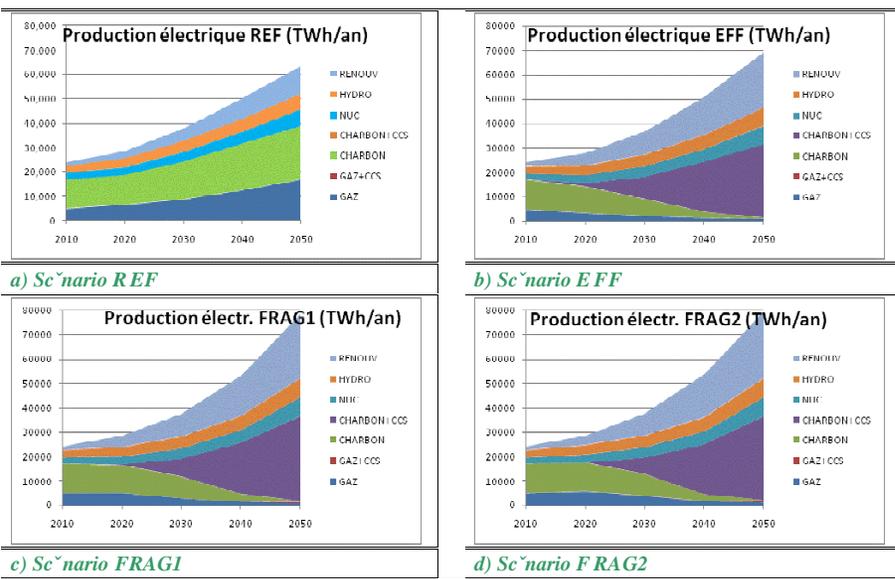


Figure 4. Production mondiale d'électricité (TWh/an)

Analyse des résultats

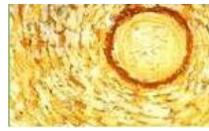
- **La cible de 3,5 W/m² s'est révélée inatteignable** car les obligations des différents groupes avant 2050 sont insuffisantes pour l'atteindre.
- Cette cible **devient possible si les obligations des groupes sont légèrement renforcées** dans les trois groupes, de façon à atteindre 70%, 80% et 95% respectivement. Ce résultat est intéressant car il dessine les contours d'accords futurs qui pourraient être efficaces et réalistes.
- Les deux régimes fragmentés analysés pour la cible de 3,75 W/m² présentent des similarités quant aux technologies et aux énergies qui sont adoptées pour atteindre la cible climatique. Tous deux diffèrent cependant de façon appréciable du régime coopératif du scénario EFF. Ils montrent par exemple une **production d'électricité d'origine renouvelable environ 12% supérieure à celle du scénario EFF, et une utilisation accrue des énergies renouvelables dans le secteur des bâtiments.**
- Une bonne mesure globale de l'obstacle présenté par la fragmentation est sans doute le **coût global du scénario**, qui est environ 20% plus élevé dans FRAG1 que dans EFF, et 23% plus élevé dans FRAG2 que dans EFF. Ces coûts supplémentaires sont donc appréciables.

Publications

1. Bernard A. and M. Vielle GEMINI-E3, A General Equilibrium Model of International-National Interactions between Economy, Energy and the Environment, **Computational Management Science**, Volume 5, number 3, May 2008, pp 173-206.
2. Bahn O., A. Haurie and R. Malhamé, A stochastic control model for optimal timing of climate policies, **automatica** Vol. 44, No 6, pp. 1545-1558, June 2008.
3. Drouet L., Haurie A., Moresino F., Vial J.-P., Vielle M. and Viguier L., An oracle based method to compute a coupled equilibrium in a model of international climate policy, **Computational Management Science**, Vol. 5 (1–2) pp. 119-140, 2008.
4. Labriet, M., and R. Loulou, 2007, “How Crucial is Cooperation in Mitigating World Climate? Analysis with World-MARKAL”, **Computational Management Science**, Vol. 5, No 1, pp. 67-94
5. Loulou, R., and M. Labriet (2007), “ETSAP-TIAM: The TIMES Integrated Assessment Model --Part I: Model Structure”, **Computational Management Science**, Vol. 5, No 1-2, pp. 7-40.
6. Loulou, R., (2007), “ETSAP-TIAM: The TIMES Integrated Assessment Model --Part II: Mathematical Formulation”, **Computational Management Science**, Vol. 5, No 1-2, pp. 41-66.
7. Bahn O. and A. Haurie, A Class of Games with Coupled Constraints to Model International GHG Emission Agreements. **International Game Theory Review**, 2009.
8. L. Drouet, A. Haurie, J.-P. Vial, M. Vielle, A coupled game solved with the homogeneous version of OBOE to model Post Kyoto international climate policy. À paraître **Annals of the International Society of Dynamic Games**.
9. Loulou, R., M. Labriet, A. Haurie, A. Kanudia, “ OPEC Oil Pricing Strategies in a Climate Regime: A Two-Level Optimization Approach in an Integrated Assessment Model”, soumis à **Environmental Modeling and Assessment**, Octobre 2008.

Résultats et conclusions

- Les scénarios simulés dans ce projet sont des exemples, de nombreuses autres possibilités de scénarios fragmentés pouvant être imaginés. Dans tous les cas, il s'agit de trouver un **compromis acceptable entre le réalisme des obligations de réductions des différents groupes de pays et l'efficacité** ainsi que le coût global de la stratégie suivie.
- L'outil dont nous disposons permet de tester rapidement la compatibilité des obligations proposées et de la cible climatique visée, ainsi que calculer le coût global de chaque proposition. **Il peut donc servir d'outil d'aide à la négociation.** Il est en outre adapté à la simulation de nombreux types de marchés fragmentés.
- On peut imaginer d'autres types de fragmentation où des **groupes de pays formeraient des marchés d'émissions entièrement séparés**, chacun avec sa propre cible de réduction. Cette situation est une généralisation de celle simulée dans nos exemples, où chaque pays passe d'un régime d'émissions non contraintes à un régime d'échange global de permis.

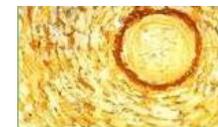


Pour accéder à toute
l'information sur ce projet

<http://dokeos.ordecsys.com>

Login: gicc pwd: kanlo

In Fine...



GICC-2005

- Les modèles coordonnés TIAM et GEMINI-E3 **sont à disposition** pour effectuer des analyses et des évaluations de politiques climatiques globales.
- Les illustrations que nous avons faites au cours de ce projet de travail montrent l'éclairage nouveau que l'utilisation de ces modèles peut apporter au débat sur le **partage du fardeau des politiques climatiques** entre différents groupes de pays.
- L'utilisation de **concepts d'équilibres** dans des jeux non-coopératifs, plutôt que de solutions efficaces au sens de Pareto, fournit une évaluation qui prend en compte la nécessité de considérer des accords internationaux qui soient stables.
- Nous recommandons donc aux parties impliquées dans les négociations devant avoir lieu à COP-15 Copenhague de s'appuyer sur des simulations effectuées à l'aide de ces modèles coordonnés pour évaluer les types **d'accord pouvant être considérés comme réalisables** lors de cette échéance.