



Les modèles liés aux émissions de CO₂ :

PRIMES et GAINS

Analyse méthodologique

remise à l'Observatoire de l'Energie

Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières

par la

Société de Calcul Mathématique S. A.

en application de la commande no 0702036-00-2-07-075-04, du 27 août 2007

Rédaction : Bernard Beauzamy, Charline Carlier, Olga Zeydina

Janvier 2008

La présente rédaction tient compte des observations faites lors de la réunion du 14/12/07

I. Rappel du besoin

Pour prévoir les émissions de CO₂ par secteur, et donc pour définir ses actions incitatives et réglementaires, la Commission Européenne utilise un modèle appelé "PRIMES", essentiellement mis au point par l'Université Technique d'Athènes (P. Capros, National Technical University of Athens). Ce modèle sert de base aux projections jusqu'en 2020 et au-delà, dans le domaine de l'énergie.

Le modèle PRIMES permet de réaliser des simulations des systèmes énergétiques et des conséquences des décisions prises, en fonction des marchés, des prix, des usages, etc. Il couvre en détail divers secteurs et technologies.

Le résultat des analyses fondées sur PRIMES indique que l'Union Européenne ne satisfera pas aux obligations résultant du protocole de Kyoto, à moins que des initiatives spécifiques ne soient prises dans le domaine de l'énergie. La France se voit ainsi demander un effort particulier, alors que le domaine de l'énergie est chez nous peu producteur de CO₂ (la part du nucléaire est importante).

Cependant, ce modèle n'a jamais été convenablement validé. Il prête en outre le flanc à un certain nombre de critiques, par exemple :

- L'analyse prenant en compte les coûts marginaux de réduction du CO₂ est-elle la plus adéquate ? D'autres critères d'équité seraient-ils plus appropriés ?
- Certaines décompositions n'ont pas été faites : transport, énergie, industrie sont traités en même temps. Les considérer séparément donnerait-il un résultat différent ?

Il y a donc lieu de s'interroger sur la validité et la pertinence des conclusions qui sont tirées du modèle PRIMES.

II. Résumé opérationnel et recommandations

A la demande de l'Observatoire de l'Energie, Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières, nous avons analysé les logiciels PRIMES et GAINS, indiquant les rejets prospectifs en CO₂ par pays, à divers horizons de temps.

Notre conclusion est simple : ces logiciels ne satisfont à aucun des critères de qualité nécessairement requis pour étayer une décision normative ou réglementaire. Ces critères de qualité, imposés à tous les logiciels, existent depuis des décennies et sont les mêmes pour tous les secteurs : BTP, nucléaire, défense, transports, santé publique, etc. Il n'y a aucune raison d'y déroger pour le domaine de l'environnement, qui n'est pas moins important que les autres et mérite un traitement scientifique de qualité identique à celle des autres secteurs. Personne n'accepterait de s'asseoir dans un véhicule dont les "crash-tests" seraient seulement issus de publications académiques et n'auraient pas été validés par des essais de terrain.

Nous recommandons :

1. Sur le plan de l'organisation :

Que soit mise en place immédiatement une Commission de Validation, si possible à l'échelle européenne (tous les pays sont concernés). Cette Commission aurait pour tâche d'analyser les données d'entrée des modèles, leurs lois internes, et de faire tourner les modèles sur des données du passé pour comparer leurs prévisions 2005-2006 avec la réalité. Il ne s'agit pas d'un "GIEC européen", concurrent du GIEC (ce qui donnerait naissance à de nouvelles querelles d'experts), mais d'une étape de validation, scientifiquement nécessaire.

Les principes généraux d'une telle validation ont été rappelés dans notre Note au Secrétariat Général de la Défense Nationale, juin 1999 (Convention 1998/1784). L'application spécifique au sujet qui nous intéresse ici est détaillée en annexe.

2. Sur le plan scientifique, que les modèles soient améliorés :

- En abandonnant le contrôle par les prix, variable actuellement prépondérante. Cette variable est très volatile et n'est absolument pas liée aux niveaux de rejets de CO₂. Le prix du pétrole varie constamment, mais non la dimension du parc automobile, ni celle du parc nucléaire ;
- En abandonnant toute référence à un équilibre économique, hypothèse factice et essentiellement académique ;
- En prenant en compte la croissance nécessaire de chaque pays, comme variable paramétrable en sortie : on doit pouvoir imposer au modèle une croissance de 2 %, 3 %, et voir en sortie ce que donne le modèle : les dépenses imposées sont-elles compatibles avec cette croissance ?
- En explicitant clairement les incertitudes, aussi bien sur les variables d'entrée que sur les résultats en sortie.

3. Sur le plan du partage du fardeau ("burden sharing") :

Une diminution uniforme de 20 % des émissions de CO₂, appliquée à tous les pays indépendamment du niveau actuel de leurs émissions, est absurde et pénalise gravement tous les pays (dont la France) qui ont déjà fait des efforts pour moderniser leurs installations. En effet, le "coût marginal" de ces réductions augmente avec la modernité : remplacer des installations vétustes par des installations modernes ne coûte pas cher, mais rendre encore plus performants des process industriels qui le sont déjà coûte très cher.

Une telle répartition uniforme est en outre illogique et ne mène pas au résultat souhaité : si un pays déjà performant (et donc émettant peu de CO₂) fait un effort supplémentaire, la réduction ainsi obtenue ne compensera pas l'excès d'émissions d'un pays peu performant.

Une approche logique serait : on considère l'ensemble des émissions de CO₂ de l'Europe (ou de la planète tout entière). Soit E_1 le niveau actuel ; on décide de le réduire de 20 % : soit $E_2 = 0.8E_1$ le niveau ainsi réduit, pour toute l'Europe. On répartit ensuite E_2 entre les pays, soit au prorata de la population, soit au prorata du PIB (les deux se peuvent concevoir). Si par exemple on le fait au prorata de la population, chaque pays aura un niveau d'émission recherché de :

$$Y_i = E_2 \frac{p_i}{\sum_j p_j}$$

où p_i est la population du i -ème pays. Ainsi, on obtient un niveau souhaité d'émissions par pays, et la somme de ces niveaux donne bien la quantité totale voulue pour l'Europe tout entière. Ensuite, chaque pays a la responsabilité de produire uniquement une quantité Y_i de CO₂ ; ceux qui satisfont déjà à cette contrainte n'ont rien de plus à faire ; pour les autres, les actions correspondantes sont à mener.

Cette manière de procéder est simple, logique, et elle prend en considération le niveau global attendu (réduction globale de 20 %) aussi bien que la situation actuelle de chaque pays.

III. Anomalies factuelles

Au cours de notre travail d'analyse, nous avons en outre mis en évidence un certain nombre d'anomalies, concernant l'un ou l'autre des deux logiciels. Elles sont détaillées dans les chapitres correspondants ; en voici une courte liste.

1. Anomalies dans les données

Après étude des résultats de PRIMES nous avons détecté plusieurs anomalies :

- Certaines données diffèrent avec celle d'EUROSTAT (production primaire de pétrole par exemple, voir figure ci-dessous) ;

Primary Production Oil (ktoe)	1990	1995	2000	2005
EUROSTAT	3052	2939	1675	1236
PRIMES v.2 (07/2006)	3491	3287	2472	1700
PRIMES v.3 (04/2007)	3491	3481	2877	1700
PRIMES v.3 (07/2007)	3491	3481	2877	1468

- Les hypothèses des versions précédentes pour l'année 2005 ne coïncident pas avec la réalité (demande finale d'énergie des transports par exemple).

Demande en énergie Transports (ktep)	1990	1995	2000	2005
EUROSTAT	41908	44125	51599	49755
PRIMES v.2 (07/04/2006)	41908	44125	51599	55609
Ecart relatif	0%	0%	0%	-12%

Certaines de ces erreurs ont été corrigées dans les versions récentes de PRIMES (2007). Les prédictions réalisées en 2006 sont donc invalides.

2. Croissance

La croissance dans les deux modèles est un paramètre d'entrée (Produit Intérieur Brut) ; il n'y a pas de rétroaction du modèle sur le PIB ce qui est caractéristique d'un modèle reposant sur un équilibre partiel.

GAINS prend l'hypothèse d'une croissance constante (2.3 % pour UE15) entre 2000 et 2030. Cette hypothèse semble plutôt raisonnable.

PRIMES prend l'hypothèse d'une croissance qui fluctue par décennie (exemple de la France dans le tableau ci-dessous).

	'90-'00	'00-'10	'10-'20	'20-'30
PIB (Evolution annuelle, en %)	2.01	1.93	2.39	1.79

Rien ne justifie de tels changements dans la croissance et surtout rien ne justifie une croissance aussi importante entre 2010 et 2020. Ces résultats ne sont ni justifiés ni réalistes. Les versions antérieures de PRIMES ne prenaient pas en compte une si forte croissance.

3. Analyse technique

GAINS utilise certaines données provenant de PRIMES, donc toutes les anomalies rencontrées dans PRIMES se répercutent sur les résultats de GAINS.

➤ Prix des combustibles et des énergies

Les prix des combustibles (charbon, pétrole et gaz), dans les deux modèles sont considérés comme constants, alors que dans le passé cela n'a jamais été le cas. Dans la situation actuelle de pétrole cher, cette remarque est particulièrement frappante.

Cette remarque est aussi valable pour le prix des énergies, comme l'énergie hydraulique.

➤ Calcul des coûts de réduction des émissions de CO2

Le calcul des coûts de substitution des énergies et donc de la réduction des émissions de CO2, dans le modèle GAINS, est très discutable pour plusieurs raisons :

- Certains coefficients sont les mêmes pour tous les pays (le coût de la maintenance par exemple) ;
- Les coefficients sont tous constants dans le temps ce qui n'est pas du tout réaliste ;
- Certains résultats de coûts de réduction des émissions semblent incohérents (faibles coûts pour la France alors que les efforts à fournir pour réduire sont importants).

➤ *Comparaison de la « Baseline » de PRIMES pour différents pays*

L'étude de la dépendance entre le nombre de ménages et la demande en énergie du secteur résidentiel a montré que tous les pays ne sont pas traités de la même manière. Le Royaume-Uni, par exemple, semble être plus vertueux que les autres : malgré une augmentation constante du nombre de ménages, la demande en énergie décroît à partir de 2005. D'où vient cette vertu ?

➤ *Non prise en compte des mécanismes de régulation naturels (par exemple les forêts, l'océan)*

Prise en compte uniquement des émissions CO2 et non des puits qui sont très importants dans certains pays et notamment la France (grande ressource forestière).

➤ *Erreurs quant aux possibilités d'utilisation des carburants verts*

Des études récentes ont démontré que les carburants verts sont autant émetteurs de CO2 que les combustibles fossiles.

➤ *Confusions sur la notion de coût*

La notion de "coût de réduction" peut s'entendre de deux manières, qui sont en fait très différentes :

- Coût de mise à niveau de l'équipement industriel et des transports (usines, avions, automobiles) pour émettre moins de CO2 : ce coût est très difficilement chiffrable ;
- Coût, sous forme de pénalité à payer, si l'on émet trop de CO2 : ce coût est chiffrable, dans la mesure où l'on fait des hypothèses sur le prix d'une tonne de CO2 sur le marché correspondant.

Remerciements

Il nous est très agréable de remercier toute l'équipe de l'Observatoire de l'Energie et l'ensemble du Comité de Pilotage : tout d'abord, bien sûr, pour nous avoir confié cette étude, mais surtout pour la manière dont elle a été conduite.

Il s'agit en effet, en France comme ailleurs, d'un sujet flou, polémique à souhait, et sur lequel les politiques demandent en permanence des informations précises, parce que des décisions sont attendues. Ces informations précises n'existent pas, parce que le sujet est nouveau et que les connaissances sont insuffisantes.

Les scientifiques sont donc soumis en permanence à une pression considérable, d'autant qu'une attitude "politiquement correcte" est largement dominante.

Nous avons donc voulu aborder la question d'un strict point de vue de méthodologie scientifique, en nous référant à ce que Claude Bernard appelait la "médecine expérimentale" : les modèles présentés ici ont-ils une valeur prédictive ? Prennent-ils correctement en compte les incertitudes sur les données et sur les lois ? Ont-ils été confrontés à l'expérience ?

Cette approche purement méthodologique a recueilli dès le début l'assentiment de tous les participants, tout simplement parce que la démarche scientifique, même si elle se veut universelle, est particulièrement bien ancrée dans la culture française.

Bernard Beauzamy

janvier 2008