NATIONS UNIES **E**

Conseil économique et social

Distr.
GÉNÉRALE

ENERGY/2002/11
5 juillet 2002

FRANÇAIS
Original: ANGLAIS

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

COMITÉ DE L'ÉNERGIE DURABLE
(Douzième session, 20-22 novembre 2002)
Point 6 de l'ordre du jour

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET ÉCHANGES D'ÉMISSIONS DE CARBONE DANS LA RÉGION DE LA CEE

Situation et examen de certaines questions

Note du secrétariat

Introduction

1. La question de l'utilisation rationnelle de l'énergie préoccupe les responsables politiques de la région de la CEE depuis le milieu des années 70. Elle retient plus particulièrement leur attention depuis une dizaine d'années pour un ensemble complexe de raisons: purement économiques, financières, politiques et environnementales. Elle est étroitement liée à la croissance économique, à la structure du marché de l'énergie et à la qualité de l'environnement, tant et si bien que presque tous les secteurs de la société moderne estiment avoir le droit de participer aux décisions prises à son sujet. La Commission économique pour l'Europe joue un rôle actif à cet égard et a fourni de très nombreuses contributions, qui prennent diverses formes. Les raisons énumérées ci-dessus et un regain d'intérêt pour le Protocole de Kyoto et ses instruments ont persuadé le secrétariat de la CEE qu'un document bien circonscrit et court sur la situation en matière d'efficacité énergétique et certaines incidences au niveau des politiques dans la région stimulerait le débat qui a lieu actuellement entre les gouvernements, les organisations non gouvernementales et le secteur privé[1]. En particulier, il a été jugé souhaitable de passer d'une démarche purement descriptive à l'utilisation de techniques d'analyse plus évoluées.

2. Aux fins du présent document, nous définissons l'efficacité énergétique de deux façons: dans une optique assez étroite, l'efficacité énergétique est la réduction au minimum du coût spécifique de l'énergie privée, ce qui correspond à une consommation d'énergie qui permet à une économie nationale de fonctionner en suivant la courbe qui indique la frontière des possibilités de production. Selon une définition plus large et plus complexe, l'efficacité énergétique est la réduction au minimum du coût spécifique de l'énergie privée et sociale ou la consommation d'énergie qui permet à une économie nationale de fonctionner en suivant la courbe qui indique la frontière des possibilités de production. Alors que la première définition est presque totalement dépourvue de considérations liées à l'environnement, la seconde tient compte d'une contrainte environnementale explicite. Dans la suite de la présente note, on utilisera indifféremment la notion d'efficacité énergétique nationale et celle d'intensité énergétique (d'émission) par unité de PIB national. Bien que ces deux expressions ne soient pas véritablement des synonymes, un grand nombre des différences qui existent entre les deux (telles que les conditions météorologiques, la structure de l'économie, la densité de la population et les distances entre les sources d'énergie et les utilisateurs finals) semblent se répercuter au moins partiellement sur les prix relatifs de l'énergie, qui sont à leur tour un déterminant essentiel de l'intensité énergétique sur le plan international[2]. Si par exemple une économie (c'est-à-dire l'industrie) comprend principalement des activités qui reposent sur une utilisation intensive de l'énergie d'un bout à l'autre de l'année, le taux de charge moyen est relativement plus élevé. Toutes choses égales par ailleurs, cela pourrait se traduire par des prix de l'énergie relativement plus faibles. En outre, si un pays a une densité de population plus élevée, alors les coûts unitaires de la desserte des consommateurs sont relativement plus bas, ce qui engendre des prix plus bas de l'énergie pour l'utilisateur final.

3. La présente note est divisée en quatre sections. La première porte sur la situation en matière d'efficacité énergétique dans les sens étroit et large de cette notion dans la région de la CEE. Les données principales sur la consommation d'énergie spécifique sont présentées et analysées pour différents pays de la CEE, ainsi que pour trois grands groupes de pays: les pays à économie de marché, les pays en transition d'Europe centrale, orientale et du Sud-Est, et les pays de la Communauté d'États indépendants. Dans la deuxième section, on établit les déterminants principaux des changements d'intensité énergétique et d'intensité d'émission par unité de produit intérieur brut. On présente aussi bien une analyse interpays qu'une analyse fondée sur des séries chronologiques. Une quantité relativement importante de données économiques, démographiques et relatives à l'énergie a été utilisée. La troisième section porte sur certaines implications de l'analyse pour cet aspect de la politique énergétique aux niveaux national et international. La dernière section traite brièvement de ce que cette analyse implique pour des réductions ciblées d'émissions de CO_2 en vertu du Protocole de Kyoto dans la région de la CEE. Ce protocole prévoit une réduction absolue des émissions de gaz à effet de serre par les Parties visées à l'annexe I d'ici à la période 2008-2012. Collectivement, les pays à économie de marché doivent parvenir à une réduction des émissions de six gaz à effet de serre d'au moins 5 % par rapport au niveau d'émission de 1990. En conséquence, dans la perspective de la poursuite probable de la croissance économique, l'application effective du Protocole de Kyoto dépend de l'aptitude de ces pays à réduire les émissions de gaz à effet de serre par unité de produit intérieur brut (PIB). Comme la présente note le démontrera, cela suppose également une réduction simultanée de la consommation d'énergie par unité de PIB. La note présente certaines indications sur des moyens d'accroître la probabilité d'application effective du Protocole de Kyoto.

I. Situation en matière d'efficacité énergétique dans la région de la CEE

4. L'efficacité énergétique dans la région de la CEE varie considérablement, non seulement entre grands groupes de pays, mais également à l'intérieur de chaque groupe (voir tableaux 1 et 2), quelle que soit la mesure du produit intérieur brut qui est utilisée, c'est-à-dire aussi bien sur la base des taux de change effectifs que sur celle de la parité de pouvoir d'achat. Les différences entre pays à économie de marché et pays en transition sont cependant beaucoup plus faibles si l'on a recours à la notion de parité de pouvoir d'achat. Comme cela sera montré plus loin, celle des deux méthodes de mesure qui est retenue a également des incidences sur les possibilités d'atteindre les objectifs relatifs aux émissions qui sont prévus dans le Protocole de Kyoto grâce à une coopération entre pays à économie de marché et pays en transition, en particulier dans le cadre des systèmes d'échanges d'émissions qui sont souvent préconisés.

5. Si l'on retient le taux de change réel pour calculer le PIB dans la région de la CEE, c'est de loin dans les pays de la CEI que l'intensité énergétique par unité de PIB ainsi que l'intensité d'émission par unité de PIB sont les plus élevées. L'Ukraine, l'Azerbaïdjan, le Turkménistan, l'Ouzbékistan et le Kazakhstan, dont la consommation d'énergie par unité de PIB (TS/PIB) est comprise entre 1,74 tep/1 000 dollars des États-Unis (USD) de 1995 et 3,55 tep/1 000 USD de 1995 et le CO_2/PIB est compris entre 5,63 kg/USD de 1995 à 9,06 kg/USD de 1995, sont certainement les pays de la région de la CEE qui ont les intensités énergétiques et les intensités d'émission les plus élevées. L'efficacité énergétique est également moins élevée dans les pays d'Europe centrale et orientale que dans les pays à économie de marché et elle est particulièrement basse en Bulgarie, dans l'ex-République yougoslave de Macédoine, en Roumanie et en Yougoslavie. Ces pays ont une intensité énergétique élevée par unité de PIB (comprise entre 0,97 tep/1 000 USD de 1995 et 1,57 tep/1 000 USD de 1995) et une intensité d'émission élevée par unité de PIB (comprise entre 3,03 kg/USD de 1995 à 3,77 kg/USD de 1995).

Tableau 1. Indicateurs de l'efficacité énergétique dans la région de la CEE, 1999

Région	Indicateurs de l'efficacité énergétique					
	TS/PIB		CO_2/PIB (kg CO_2/USD 1995)		$TECO_2$/PIB (kg $TECO_2$/USD 1995)	
	(tep/1 000 USD 1995)	PPA (tep/1 000 USD 1995)	(tep/1 000 USD 1995)	PPA (tep/1 000 USD 1995)	(tep/1 000 USD 1995)	PPA (tep/1 000 USD 1995)
Amérique du Nord	0,27	0,27	0,66	0,65	0,72	0,71
Europe occidentale	0,16	0,18	0,34	0,39	0,40	0,49
Total économies de marché	0,21	0,23	0,49	0,52	0,55	0,60
Europe centrale et orientale	0,68	0,28	1,90	0,80	2.46*	1,09
États baltes	0,87	0,33	1,84	0,71	2,72	1,05

Région	Indicateurs de l'efficacité énergétique					
	TS/PIB		CO_2/PIB (kg CO_2/USD 1995)		$TECO_2$/PIB (kg $TECO_2$/USD 1995)	
Communauté d'États indépendants (CEI)	1,99	0,62	4,97	1,56	9,23*	2,37
Total pays en transition	1,37	0,49	3,51	1,25	3,27*	1,33
Région CEE	0,26	0,26	0,62	0,61	0,60**	0,64
Monde	0,39	0,25	0,70	0,58	…	…

***** Des données comparables ne sont pas disponibles pour tous les pays. Par exemple, les estimations relatives à l'Europe centrale et orientale ne portent que sur la Bulgarie, la Hongrie, la Pologne, la République tchèque et la Slovaquie. De même, les seules données concernant la CEI ont trait à l'Ukraine.

****** Comme les données relatives à 18 pays en transition ne sont pas disponibles, le poids des pays en transition se trouve considérablement réduit et cela donne l'impression fausse que les émissions totales équivalent CO_2 sont inférieures aux émissions de CO_2 indiquées dans la colonne précédente.

Source: Sauf indication contraire, toutes les données utilisées dans la présente note proviennent de la base de données électroniques de l'Agence internationale de l'énergie (Paris) et du Secrétariat de la CEE (Genève).

6. Si l'on retient la même définition du PIB, l'efficacité énergétique dans les pays à économie de marché est loin d'être uniforme. Des moyennes de 0,21 tep/1 000 USD de 1995 de PIB et 0,49 kg de CO_2/USD de 1995 de PIB masquent des différences considérables entre l'Amérique du Nord et l'Europe occidentale, ainsi qu'entre les différents pays. C'est au Canada que la consommation d'énergie et les émissions spécifiques sont les plus élevées (respectivement 0,36 tep/1 000 USD de 1995 de PIB et 0,74 kg de CO_2/1 000 USD de PIB). Les États-Unis suivent de près, avec 0,26 tep/1 000 USD de 1995 de PIB et 0,65 kg de CO_2/USD de 1995 de PIB. Par ailleurs, sur les quatre plus grands pays européens, l'Italie a l'intensité énergétique par unité de PIB la plus faible (0,14 tep/1 000 USD de 1995), tandis que la France se distingue par la plus faible émission unitaire (0,21 kg de CO_2/USD de 1995 de PIB). Quant à la Suisse, elle est le pays développé dont l'efficacité énergétique est la plus élevée, avec des intensités énergétique et d'émission par unité de PIB représentant respectivement 30 % et 18 % de celles des États-Unis, par exemple.

7. Les différences d'intensité énergétique et d'émission par unité de PIB dans la région de la CEE sont beaucoup moins prononcées lorsque l'on a recours au PIB exprimé en parités de pouvoir d'achat. Cependant, l'intensité énergétique et l'intensité d'émission par unité de PIB restent les plus élevées dans des pays de la CEI tels que l'Ouzbékistan, l'Ukraine et le Turkménistan, soit environ 3,5 tep/1 000 USD de 1995 et environ 3,7 kg de CO_2/USD de 1995, respectivement. Dans cette optique, l'efficacité énergétique des pays d'Europe centrale

et orientale est ici aussi plus faible que celle des pays à économie de marché, et l'on remarque en particulier la faible efficacité énergétique de l'ex-République yougoslave de Macédoine, de la Yougoslavie, de la Bulgarie et de la Slovaquie. Leur intensité énergétique par unité de PIB comprise entre 1,27 tep/1 000 USD de 1995 et 2,21 tep/1 000 USD de 1995 et leur intensité d'émission par unité de PIB comprise entre 1,77 kg/USD de 1995 à 3,07 kg/USD de 1995 se trouvent nettement au-dessus de la moyenne de la CEE.

Tableau 2. Indicateurs d'efficacité énergétique dans la région de la CEE, 1999

Niveaux relatifs, moyenne CEE = 1

Région	Indicateurs d'efficacité énergétique					
	TS/PIB		CO_2/PIB (kg CO_2/USD 1995)		$TECO_2$/PIB (kg $TECO_2$/USD 1995)	
	(tep/1 000 USD 1995)	PPA (tep/1 000 USD 1995)	(tep/1 000 USD 1995)	PPA (tep/1 000 USD 1995)	(tep/1 000 USD 1995)	PPA (tep/1 000 USD 1995)
Amérique du Nord	1,05	1,05	1,07	1,07	1,08	1,11
Europe occidentale	0,60	0,70	0,54	0,64	0,67	0,76
Total pays à économie de marché	0,81	0,88	0,79	0,86	0,92	0,95
Europe centrale et orientale	2,61	1,11	3,09	1,31	4,07*	1,71
États baltes	3,35	1,30	3,00	1,16	4,51	1,64
Communauté d'États indépendants (CEI)	7,66	2,43	8,07	2,56	15,28*	3,72
Total pays en transition	5,28	1,90	5,71	2,05	5,41**	2,08
Région de la CEE	1	1	1	1	1	1
Monde	1,16	0,96	1,15	0,95	…	…

***** Voir notes du tableau 1.

****** Voir notes du tableau 1. Il est à signaler que l'indice relatif aux pays en transition dans cette colonne est beaucoup moins élevé qu'il ne l'est probablement en réalité.

Source: Voir tableau 1.

Tableau 3. Taille relative des économies, consommation totale d'énergie primaire et émissions de gaz à effet de serre, 1999

Région de la CEE = 100 %

Région	Indicateur				
	PIB		Consommation totale d'énergie primaire	Émissions de CO_2	Total des émissions d'équivalent CO_2*
	(sur la base de l'USD de 1995 et des taux de change du marché)	(sur la base de l'USD de 1995 et des PPA)			
Amérique du Nord	45,5	45,5	47,5	48,5	56,2
Europe occidentale	50,3	42,8	30,1	27,4	34,0
Total pays à économie de marché	95,8	88,2	77,7	75,9	90,1
Europe centrale et orientale	1,9	4,5	5,0	5,9	6,1
États baltes	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4
Communauté d'États indépendants (CEI)	2,2	7,0	17,0	17,9	3,3
Total pays en transition	4,2	11,8	22,3	24,1	9,9
Région de la CEE	100	100	100	100	100

* Comme des données ne sont pas disponibles pour la plupart des pays en transition, cette colonne et la précédente ne sont pas comparables. Voir les notes du tableau 1.

8. Le Protocole de Kyoto est axé sur la réduction des émissions annuelles de six gaz à effet de serre: le dioxyde de carbone, le méthane, l'oxyde nitreux, les hydrofluorocarbones, les hydrocarbures perfluorés et l'hexafluorure de soufre. Leur potentiel de réchauffement de la planète (PRP) peut être exprimé en unités PRP de CO_2, qui sont utilisées comme dénominateur. C'est ainsi que les tableaux 1 à 3 portent sur les émissions de CO_2 et les émissions totales d'équivalent CO_2 ($TECO_2$). Il est à noter que, comme les données disponibles sur le $TECO_2$ sont incomplètes, on peut sans difficulté utiliser les émissions de CO_2 comme valeur de substitution, et ce pour au moins deux raisons. En premier lieu, la corrélation entre les émissions de CO_2 et celles de $TECO_2$ dans un grand échantillon de 27 pays de la CEE, qui consommaient approximativement 85 % de l'énergie de la région de la CEE et étaient responsables de 84 % des émissions de CO_2 en 1998/99, était de 99,93[3]. Deuxièmement, le CO_2 est de loin l'élément le plus important dans l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre dans la région.

Dans le même échantillon, sa part dans les émissions totales est de 92 % en Amérique du Nord, 86 % en moyenne en Europe occidentale, 98 % en Ukraine, 73 à 83 % dans les quelques pays en transition pour lesquels des données sont disponibles et 68 % pour les États baltes[4].

II. Détermination des facteurs essentiels de l'évolution de l'efficacité énergétique dans la région de la CEE

9. La question des facteurs qui déterminent l'évolution de l'efficacité énergétique peut être envisagée sous deux angles. Le premier est bien entendu une démarche interpays. Dans cette optique, les principales questions qui se posent sont les suivantes:

- Pourquoi l'efficacité énergétique varie-t-elle d'un pays à l'autre?
- Des facteurs tangibles, qui exercent une influence importante sur l'efficacité énergétique, peuvent-ils être décelés avec un niveau approprié de confiance?
- Pouvons-nous réduire le nombre de ces principaux facteurs à quelques-uns, de façon à ce qu'ils aient une signification pratique pour les décideurs politiques, le secteur privé et le grand public?
- S'il n'est possible de déceler qu'un très petit nombre de facteurs, comment pourrait-on élaborer une politique rationnelle en matière d'énergie et d'environnement?
- Comment ces facteurs sont-ils adaptés à d'autres démarches internationales, telles que le plafonnement des émissions explicitement prévu dans le Protocole de Kyoto, par opposition à d'autres mesures axées sur le marché, telles qu'une taxe sur l'énergie, en vue d'accroître l'efficacité énergétique?
- Quelles sont, le cas échéant, les répercussions de l'analyse sur les relations entre une augmentation de l'efficacité énergétique par le biais d'autres démarches internationales, d'une part, et la croissance économique et démographique, d'autre part?

10. Le présent document met à l'épreuve l'hypothèse selon laquelle les différences d'efficacité énergétique entre les pays de la région de la CEE, définie de façon étroite comme la réduction au minimum du coût de l'énergie privée spécifique ou la consommation d'énergie qui permet à une économie de fonctionner en suivant une courbe indiquant la frontière des possibilités de production, est avant tout fonction de la productivité et des prix nationaux moyens relatifs de l'énergie. Le secrétariat postule que la productivité nationale totale pourrait déterminer le choix de technologies et de techniques utilisées pour transformer l'énergie primaire en énergie finale. En outre, elle pourrait avoir un effet important sur l'efficacité avec laquelle l'énergie finale est consommée par les différents secteurs. En conséquence, une augmentation de la productivité nationale totale entraînerait une réduction de l'intensité énergétique, exprimée, par exemple, sous la forme d'une augmentation de l'efficacité énergétique. Dans notre modèle, la productivité est exprimée en PIB par habitant (GDP/pop) en dollars constants des États-Unis de 1995. L'intensité énergétique est définie comme la consommation d'énergie par unité de PIB également en dollars des États-Unis constants de 1995 (TS/GDP). On postule également que les prix nationaux relatifs

de l'énergie pour les utilisateurs finals ont une influence directe sur le choix entre des activités économiques à forte intensité énergétique et les activités économes en énergie. Si, dans un pays donné, les prix de l'énergie sont plus bas en moyenne, cela favorise l'adoption de techniques de production à plus forte intensité énergétique par comparaison avec un autre pays où les prix moyens de l'énergie sont plus élevés. En conséquence, pour la même unité de PIB, le premier devrait avoir une consommation d'énergie plus élevée que le second. Le modèle statistique tolère également une différence d'efficacité énergétique entre pays à économie de marché et pays en transition qui n'est pas expliquée par des différences de productivité et de niveau des prix de l'énergie. Toutes choses égales par ailleurs, un pays à économie de marché devrait avoir une moindre consommation d'énergie par unité de PIB qu'un pays en transition. Un mécanisme de marché qui fonctionne pleinement réduit la consommation d'énergie spécifique, ce que ne peut faire un pays en transition typique, en raison de distorsions du marché. Par conséquent, nous avons utilisé une variable muette (Dummy) pour distinguer entre les deux types d'économie dans la région de la CEE. Pour observer l'influence de l'évolution des variables indépendantes sur l'évolution des variables dépendantes, les données, à l'exception de la variable Dummy, sont utilisées sous la forme de logarithmes naturels.

11. L'analyse s'est fondée sur les plus récentes données concernant l'économie, l'énergie et les émissions pour un groupe représentatif de pays de la CEE: Allemagne, Autriche, Belgique, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis d'Amérique, Finlande, France, Grèce, Irlande, Italie, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède, Suisse et Turquie (pays à économie de marché), Hongrie, Pologne, République tchèque, Roumanie et Slovaquie (pays européens en transition), Fédération de Russie et Kazakhstan (CEI)[5]. Les données portaient sur la période allant de 1997 à 1999 et comprenaient le produit intérieur brut en dollars des États-Unis de 1995 (GDP), la population (pop), la consommation totale d'énergie (TS), l'indice des prix à la consommation, les prix totaux de l'énergie pour les utilisateurs finals exprimés en dollars des États-Unis par tonne équivalent pétrole tant pour l'industrie (fioul à haute teneur en soufre, fioul léger, diesel pour véhicules, gaz moteur, charbon à coke et électricité) que pour les ménages (fioul léger, diesel pour véhicules, essence sans plomb super à indice d'octane théorique de 95, gaz naturel, charbon vapeur et électricité). Les prix réels de l'énergie par pays pour chaque combustible en dollars des États-Unis de 1995 ont également été calculés sous la forme d'un indice des prix de l'énergie relatifs annuels totaux par pays aux fins de la comparaison avec la moyenne de la CEE (RTP)[6]. Il est à noter que TS/PIB, GDP/pop et RTP sont convertis en logarithmes naturels, qui donnent sans doute une meilleure représentation des conséquences à tirer de l'analyse aux fins de l'élaboration des politiques[7].

12. Les résultats du modèle de régression multiple reposant sur les hypothèses indiquées aux paragraphes 8 et 9 et complétés par les données visées au paragraphe 10 ont étayé l'hypothèse selon laquelle les différences de productivité et les prix relatifs de l'énergie, ainsi que le groupe auquel le pays considéré appartient ont une influence statistiquement significative sur les variations d'efficacité énergétique d'un pays de la CEE à l'autre (tableau 4)[8]. À elles seules, ces trois variables expliquent la variation de plus de 95 % de l'efficacité énergétique. Il convient cependant de noter que l'influence de la productivité semble nettement prédominante, c'est-à-dire qu'elle est beaucoup plus importante que les effets des prix de l'énergie relatifs et du groupe auquel un pays appartient.

13. L'interprétation des résultats du modèle de régression multiple est fort simple. Compte tenu des niveaux effectifs d'efficacité énergétique, de productivité, des prix de l'énergie et du groupe auquel appartient chaque pays (pays en transition ou pays à économie de marché) et de deux autres variables indépendantes qui ne changent pas, 1 % d'augmentation de la productivité nationale totale a pour effet de réduire (d'augmenter) l'intensité (l'efficacité) énergétique de 0,33 %. D'autre part, 1 % d'augmentation des prix relatifs de l'énergie dans un pays a pour effet d'augmenter (de réduire) l'intensité (l'efficacité) énergétique de 0,82 %. Enfin, la transformation d'un pays en transition en pays à économie de marché est statistiquement réelle et réduirait (augmenterait) l'intensité (l'efficacité) énergétique. Cependant, lorsque des changements de ces trois éléments ont lieu simultanément, il apparaît que la productivité a un effet décisif sur l'évolution de l'efficacité énergétique.

14. Pour parvenir à d'éventuelles conclusions globales sur le plan des politiques, l'analyse interpays qui précède a été complétée par une analyse reposant sur des séries chronologiques appropriées. Eu égard aux liens étroits avec la productivité, élément essentiel de la croissance du PIB dans les pays à économie de marché, on a supposé que les grands déterminants de l'évolution des intensités énergétiques et d'émission dans le cadre de séries chronologiques pourraient différer des déterminants des différences d'intensité énergétique et d'émission à un moment déterminé. En conséquence, le secrétariat de la CEE a mis à l'épreuve deux hypothèses concurrentes. La première est celle qui a été utilisée dans l'analyse interpays, c'est-à-dire que l'efficacité énergétique au sens étroit est fonction de la productivité et des prix nationaux moyens relatifs de l'énergie. La seconde hypothèse était que l'efficacité énergétique dans des séries chronologiques était essentiellement déterminée par sa propre inertie. L'analyse a reposé exclusivement sur des séries chronologiques annuelles allant de 1981 à 1999. Comme des séries chronologiques n'étaient pas disponibles pour le même échantillon de pays que celui utilisé pour l'analyse interpays, un échantillon de l'ensemble des pays développés et de la République tchèque, de la Hongrie, de la Pologne, de la Slovaquie et du Mexique a été utilisé[9]. Il a été estimé que cette façon de tester l'hypothèse était judicieuse car une bonne partie du marché de l'énergie a véritablement des caractéristiques mondiales, étant donné que divers fournisseurs d'énergie et de technologies d'accroissement de l'efficacité énergétique d'un certain nombre de pays se font concurrence.

Tableau 4. Déterminants essentiels de l'efficacité énergétique mesurés par l'intensité énergétique par unité de PIB, région de la CEE, 1997-1999

Analyse de régression combinée données transversales/séries chronologiques, 26 x 3 observations

Résumé de l'analyse de régression			
L'équation de régression est la suivante:			
LTS/GDP = 3,15 - 0,335 LGDP/pop - 0,819 LRTP + 0,451 Dummy			
Predictor	Coef	StDev	T
Constant	3,1529	0,5995	5,26
LGDP/pop	- 0,33503	0,07035	- 4,76
LRTP	- 0,8192	0,1342	- 6,11
Dummy	0,4506	0,1708	- 2,64
S = 0,1954 R-Sq = 95,7 %			

Source: Secrétariat de la CEE.

15. Comme prévu, le modèle de régression multiple relatif aux séries chronologiques reposant sur la première hypothèse n'a pas produit de résultats satisfaisants. L'hypothèse selon laquelle des modifications de la productivité et des prix relatifs de l'énergie ont une influence statistiquement significative sur l'évolution de l'efficacité énergétique dans la partie développée de l'économie mondiale dans le temps a dû être rejetée pour des raisons manifestement fondées[10]. En revanche, la seconde hypothèse, celle d'une dérive des données des séries chronologiques concernant l'intensité énergétique, n'a pu être rejetée (tableaux 5 et 6). Comme précédemment, sur la base des indications de l'analyse statistique préliminaire, il convenait d'utiliser les données sous la forme de logarithmes naturels. Cela devait aussi faciliter l'interprétation des résultats de l'analyse.

16. Les résultats de l'analyse économétrique, présentés dans le tableau 6, confirment l'hypothèse d'une dérive des données relatives à l'intensité énergétique à long terme. La taille et le signe de tous les coefficients sont conformes aux prévisions. Compte tenu du niveau d'intensité énergétique par unité de PIB pendant la période 1981-1999, environ 96 % des changements annuels de l'intensité sont expliqués par le modèle de régression. Tant la variable déphasée que le modèle dans son ensemble sont statistiquement significatifs à 99,99 %[11].

Tableau 5. Statistiques de base pour les données utilisées dans l'analyse de régression des séries chronologiques, 1981-1999

Logarithmes naturels, échantillon de 30 pays

Résumé des données						
Variable	N	Mean	Median	Tr Mean	StDev	SE Mean
LTS/GDP	18	-1,5434	-1,5676	-1,5449	0,0542	0,0128
LGDP/pop	18	3,0086	3,0335	3,0108	0,1061	0,0250
LTRP	18	6,3049	6,3063	6,3004	0,2283	0,0538

Source: CEE.

Tableau 6. Test portant sur l'hypothèse d'une dérive de l'intensité énergétique par unité de PIB dans le temps, 1981-1999

Logarithmes naturels

Analyse de régression de séries chronologiques, 19x30 observations

Résumé de l'analyse de régression			
L'équation de régression est la suivante:			
LTS/GDP = -0,118 + 0,930 LTS/GDP-1			
17 cas utilisés, 1 cas avec des valeurs manquantes			
Predictor	Coef	StDev	T
Constant	-0,11772	0,07327	-1,61
LTS/GDP	-0,93032	0,04759	19,55
S = 0,009924 R-Sq = 96,2 %			
Durbin-Watson Statistic = 2,23			

Source: CEE.

17. L'analyse économétrique a prouvé que l'intensité énergétique par unité de PIB évolue de façon essentiellement autonome. En outre, l'intensité dérive à un certain taux annuel. Le calcul de cette dérive (-1,049 % en moyenne par an) est présenté dans le tableau 7.

Tableau 7. Calcul du taux de dérive de l'intensité énergétique du PIB, 1981-1999

Analyse de régression sur des séries chronologiques,
19x30 observations, logarithmes naturels

Statistiques de base

Variable	N	N*	Mean	Median	Tr Mean	StDev	SE Mean
DLTS/GDP	17	1	-0,01049	-0,01157	-0,01023	0,01027	0,00249

Source: CEE.

18. La modélisation de l'efficacité énergétique dans le sens large, c'est-à-dire la réduction au minimum du coût de l'énergie privée et sociale spécifique ou la consommation d'énergie qui permet à une économie nationale de fonctionner en suivant une courbe indiquant la frontière des possibilités de production, exige l'utilisation d'un indicateur supplémentaire, à savoir les émissions de polluants[12]. Dans ce document, les émissions de CO_2 sont utilisées en lieu et place de l'ensemble des émissions, et ce pour deux raisons: il s'agit du principal facteur de pollution par gaz à effet de serre et la disponibilité et la comparabilité des données prêtent le moins à contestation. La variable dépendante dans l'analyse statistique est l'émission de CO_2 par unité de PIB en dollars des États-Unis de 1995 (CO_2/GDP) observée pendant la période 1997-1999 pour le même échantillon représentatif de pays de la CEE (tableaux 8 et 9). L'analyse statistique figurant dans cette partie du présent document vise à répondre aux questions supplémentaires essentielles suivantes:

– Les facteurs qui déterminent le comportement de l'intensité énergétique expliquent-ils aussi les différences nationales concernant l'efficacité énergétique dans le sens large ainsi que l'évolution dans le temps de celle-ci dans la région de la CEE?

– Quelles pourraient être les conséquences fondamentales à tirer des résultats attendus aux fins des politiques en matière d'énergie et d'environnement?

Tableau 8. Statistiques de base pour les variables utilisées pour modéliser l'intensité des émissions par unité de PIB, 1997-1999

Analyse de régression relative aux données interpays/séries chronologiques,
26x3 observations, logarithmes naturels

Statistiques de base

Variable	N	Mean	Median	Tr Mean	StDev	SE Mean
LCO_2/GDP	26	-0,498	-0,856	-0,524	1,023	0,201
LTS/GDP	26	-1,272	-1,628	-1,301	0,887	0,174
LRTP	26	4,5035	4,6889	4,5403	0,4506	0,0884

Source: CEE.

Tableau 9. Déterminants essentiels de l'efficacité énergétique assimilée à l'intensité des émissions par unité de PIB, région de la CEE, 1997-1999

Analyse de régression sur la base de moyennes des données transversales/séries chronologiques 26x3 observations

Résumé de l'analyse de régression

L'équation de régression est la suivante:

$LCO_2/GDP = 4,69 - 0,621\ LGDP/pop - 0,800\ LRTP$

Predictor	Coef	StDev	T
Constant	4,6926	0,7416	6,33
LGDP/pop	-0,62124	0,07925	-7,84
LRTP	-0,7995	0,1944	-4,11

S = 0,2968 R-Sq = 92,3 %

19. Les résultats de l'analyse statistique qui sont présentés dans le tableau 9 semblent permettre de conclure que les différences d'intensité d'émission spécifique par unité de PIB (CO_2/GDP) entre les pays de la CEE sont fonction de variations de la productivité nationale totale et des prix totaux relatifs, c'est-à-dire les deux facteurs qui déterminent également les différences d'intensité énergétique spécifique par unité de PIB (TS/GDP) au niveau national. En outre, il s'est avéré que cette relation était statistiquement réelle[13]. Comme précédemment, il apparaît que les variations de productivité exercent la plus grande influence sur les variations d'intensité d'émission spécifique par unité de PIB (CO_2/GDP) dans la région de la CEE. Les prix relatifs de l'énergie jouent effectivement un rôle dans la détermination des niveaux d'émission relatifs, mais il est assez surprenant de constater que le groupe auquel un pays appartient ne semble pas avoir en soi d'influence quelconque sur les différences d'intensité d'émission par unité de PIB. Cependant, un examen des données initiales confirme une plus grande dispersion de l'intensité des émissions par unité de PIB que la dispersion relative à l'intensité énergétique par unité de PIB (tableau 10). Ces variations plus larges de l'intensité des émissions par unité de PIB sont valables aussi bien pour les pays à économie de marché que pour les pays en transition.

20. L'interprétation des résultats du modèle de régression multiple est simple. Compte tenu des niveaux effectifs d'intensité d'émission par unité de PIB, de la productivité nationale et des prix totaux relatifs de l'énergie, une augmentation de 1 % de la productivité se traduirait par une baisse de 0,6 % de l'intensité d'émission par unité de PIB. Pour que cette affirmation soit valable, il faut que les prix totaux relatifs de l'énergie restent inchangés en même temps. De même, compte tenu des niveaux effectifs de l'intensité d'émission par unité de PIB, de la productivité nationale et des prix totaux relatifs de l'énergie, une augmentation de 1 % des prix totaux relatifs de l'énergie se traduirait par une baisse de 0,8 % de l'intensité des émissions par unité de PIB. Pour que cette affirmation soit valable, il faut également que la productivité totale reste inchangée.

Tableau 10. Variabilité de l'intensité énergétique en fonction du PIB et de l'intensité des émissions en fonction du PIB, région de la CEE, 1999

– Données normales et logarithmes naturels

– Variabilité exprimée sous la forme d'un coefficient de variation

Groupes de pays	Coefficient de variation			
	TS/GDP	CO_2/GDP	TS/GDP	CO_2/GDP
Pays à économie de marché	0,3930	0,4833	-0,9196	-0,8748
Pays en transition	0,7433	0,7949	0,5276	0,5967
Région de la CEE	1,1246	1,2017	1,8693	2,3814

Source: Secrétariat de la CEE.

21. Dans le cadre de séries chronologiques, cependant, les changements d'intensité des émissions par unité de PIB ne sont pas fonction de la productivité et des prix de l'énergie[14]. L'analyse de régression présentée dans le tableau 11 montre que l'intensité des émissions par unité de PIB dans le temps est essentiellement déterminée par l'inertie mais cette fois-ci sans dérive ni direction certaine statistiquement significative. L'absence de dérive est confirmée par le manque de signification statistique de la constante dans le modèle de régression. Le postulat du modèle selon lequel l'intensité d'émission par unité de PIB (LCO_2/GDP) peut le mieux être prévue sur la base de l'intensité d'émission par unité de PIB de l'année précédente (LCO_2/GDP-1) est donc clairement confirmé[15].

22. Si les améliorations annuelles de l'intensité d'émission par unité de PIB ne sont pas statistiquement réelles, cela tient au fait que le modèle de régression a la forme qui assure le meilleur ajustement. Le modèle a une forme quadratique à pente négative, ce qui signifie que les améliorations de l'intensité d'émission par unité de PIB diminuent. En même temps, comme montré plus haut, le modèle de régression concernant l'intensité énergétique par unité de PIB ressemble à une ligne de tendance droite à pente négative. Cependant, les deux intensités n'ont pas baissé lentement dans le passé (tableau 12). La substitution entre combustibles dans les années 80 au détriment du pétrole et du charbon et en faveur de l'énergie nucléaire a été une raison importante des taux relativement élevés des améliorations de l'intensité énergétique par unité de PIB et de l'intensité des émissions par unité de PIB. Ce type de substitution entre combustibles n'était plus possible dans les années 90, mais un remplacement limité de la production d'électricité du charbon vers le gaz n'a produit que des améliorations modestes d'efficacité énergétique. Il est également probable que l'évolution de la concurrence entre combustibles au cours de la décennie en cours ressemblerait aux tendances des années 90.

Tableau 11. Test de l'hypothèse selon laquelle l'intensité des émissions par unité de PIB est déterminée par l'inertie dans le temps, 1971-1999

Logarithmes naturels, analyse de régression de séries chronologiques, 19x30 observations

Résumé de l'analyse de régression

L'équation de régression est la suivante:

$LCO_2/GDP = 0{,}0260 + 1{,}23\ LCO_2/GDP\text{-}1 + 0{,}252\ LCO_2/GDP\text{-}1SQ$

28 cas utilisés et un cas dans lequel des valeurs manquent

Predictor	Coef	StDev	T
Constant	0,02595	0,02539	1,02
LCO2/GDP	1,2331	0,1147	10,75
LCO2/GDP	0,2524	0,1163	2,17

S = 0,01364 R-Sq = 99,5 %

Durbin-Watson Statistic = 2,00

Source: CEE.

Tableau 12. Baisses de l'intensité énergétique par unité de PIB et de l'intensité des émissions de CO_2 par unité de PIB, pays développés, 1978-1999, moyenne annuelle en pourcentage

Période	Intensité énergétique par unité de PIB	Intensité des émissions par unité de PIB
1978-80	-2,5	-2,7
1980-90	-2,0	-2,8
1990-99	-0,6	-1,1

Source: Secrétariat de la CEE.

III. Conséquences à tirer de l'analyse aux fins de la politique énergétique

23. L'analyse qui précède pourrait nous amener à tirer les conclusions suivantes:

- L'efficacité de la politique énergétique et l'amélioration de l'efficacité énergétique dans la région de la CEE dépendent dans une large mesure de l'efficacité de la structure économique générale et de la politique économique via la croissance totale de la productivité.

- Indépendamment des tendances exogènes de la productivité, une politique énergétique visant à atténuer les différences d'efficacité énergétique entre pays de la région de la CEE peut être menée de façon efficace grâce à des mesures et à des instruments reposant sur le marché. La politique des prix peut être l'instrument puissant et prévisible essentiel de la politique énergétique tant au niveau du marché national qu'à celui du marché international. En outre, notre analyse indique

qu'une assistance aux pays en transition pour que ces derniers puissent mettre en place des structures de marché efficaces permet de retirer d'importants avantages en matière d'efficacité énergétique.

– L'opportunité d'une politique environnementale distincte visant à supprimer les écarts en matière d'efficacité énergétique entre les pays de la CEE dans la situation actuelle des marchés est pour le moins douteuse, étant donné qu'il semble qu'aucun instrument exclusif reposant sur le marché ne soit disponible pour mener une telle politique[16].

– Les améliorations de l'efficacité énergétique dans le temps ont été relativement modestes, par comparaison avec la croissance du PIB. En outre, ces améliorations sont de plus en plus faibles, ce qui donne à penser qu'elles resteront minimes dans l'avenir immédiat.

– Il semble que l'économie et le secteur de l'énergie devront subir des chocs pour que les améliorations plus importantes de l'efficacité énergétique espérées aient lieu d'ici à la fin de la décennie en cours.

24. Il n'est donc pas surprenant que le Protocole de Kyoto, qui vise la mise en œuvre d'une politique internationale distincte en matière d'environnement, repose à la fois sur des mesures extérieures au marché (plafonnement des émissions) et sur un mécanisme lié au marché (création d'un marché des émissions de carbone) pour compenser le fait que le marché ne parvient pas internaliser certains coûts de production, en l'occurrence le coût de la pollution de l'air pour les autres. En fait, le recours à des plafonds devrait faciliter la création d'un marché de l'air pur ou, en d'autres termes, d'un marché des émissions des gaz à effet de serre.

Tableau 13. Échanges d'émissions de CO_2: exemples et estimations du coût du carbone

Exemples réels		
Participants	Pays	Prix de la tonne de CO_2 ou de C
Arizona Public Service & Niagara Mohawk Power Company	État-Unis	2,70 USD/tonne de carbone
Gouvernement néo-zélandais	Nouvelle-Zélande	2,50-5,00 GBP/tonne de CO_2
British Petroleum	Royaume-Uni	17-22 USD/tonne de CO_2
Consorcio Noruego & Gouvernement norvégien	Norvège	10 USD/tonne de carbone
Gouvernement danois	Danemark	Pénalités de 6 USD/tonne de CO_2 en cas de non-respect de la réglementation
GERT	Canada	1,33-6,67 dollars/tonne de CO_2
Échanges d'émissions Royaume-Uni	Royaume-Uni	53,37 GBP/tonne de CO_2

Estimations de coût		
Auteur	Région ou pays concerné	Prix de la tonne de CO_2 ou de C
Eyckmans-Cornillie (2001)	Union européenne	152-154 euros/tonne de CO_2
Ellerman-Decaux (1998)	Région de la CEE et Japon	200-230 USD/tonne de carbone
Ellerman-Tsukada (2001)	Distributeurs d'électricité japonais	20-200 USD/tonne de carbone
Charles River Ass. (2002)	États-Unis	72 USD/tonne de carbone
Burtraw (2001)	États-Unis	80-140 USD/tonne de carbone

Note: Une tonne de carbone (C) équivaut à 3,667 tonnes de CO_2.

Source: Compilation effectuée par le secrétariat de la CEE.

25. Un certain nombre de programmes expérimentaux d'échanges d'émissions de CO_2 fonctionnent déjà. Bien que leur ampleur soit très limitée et que leurs structure, couverture et application soient assez diverses, ils pourraient donner des indications initiales concernant des tendances futures éventuelles en matière d'échanges d'émissions. En outre, certaines estimations des coûts marginaux de réduction des émissions de CO_2 dans le cadre de futurs programmes d'échanges nationaux et régionaux plus vastes sont également disponibles (tableau 13)[17]. Étant donné qu'en 1999, une tonne de CO_2 «permettait» la création de 1 625 USD de PIB en moyenne dans la région de la CEE, il peut sembler que les estimations figurant dans le tableau 13 sont trop optimistes. Dans les pays à économie de marché, les pays d'Europe centrale et orientale et la CEI, une tonne de CO_2 correspondait, respectivement, à 2 050 USD, 526 USD et 201 USD de PIB. Par elles-mêmes, ces différences incitent à préconiser vigoureusement la création d'un programme d'échanges d'émissions s'étendant à l'ensemble de la CEE.

26. Sur la base de la fourchette d'estimations du coût d'une réduction des émissions d'une tonne de CO_2 (10 à 150 USD) et de la réduction prévue de l'ensemble des émissions de CO_2 (626,4 millions de tonnes, soit 5 % par rapport à leur niveau de 1999), l'ampleur totale d'un éventuel marché de l'«air pur» dans la région de CEE serait comprise entre 6,3 et 93,9 milliards de dollars des États-Unis[18].

IV. Conséquences à tirer de l'analyse dans l'optique du Protocole de Kyoto et des activités futures de la CEE

27. Selon la présente note, la dérive annuelle moyenne de la réduction de la consommation d'énergie spécifique par les pays à économie de marché s'est élevée à -1,05 % au cours des deux dernières décennies. L'intensité d'émission par unité de PIB a diminué au même taux au cours des 10 dernières années pour ce groupe de pays, dont dépend de façon cruciale l'accomplissement de progrès vers les objectifs du Protocole de Kyoto[19]. Bien qu'il ait été prouvé que l'inertie a une forte influence sur le taux d'amélioration de l'utilisation de l'énergie, nous supposerons, à titre d'exemple uniquement, que les données relatives à l'intensité énergétique par unité de PIB dériveront à l'avenir à un taux identique au taux du passé. Si l'on examine la période 1999-2010, une telle réduction hypothétique de l'intensité énergétique et de l'intensité des émissions par unité de PIB s'élèverait à 11 %. Une croissance économique réelle annuelle de 3 % se traduirait alors par une augmentation du PIB de 38 % et un accroissement

de la consommation totale d'énergie de 23 %, de sorte que les émissions augmenteraient nécessairement. En conséquence, il faudrait une dérive annuelle de -2,93 % pour stabiliser la consommation d'énergie.

28. Comme le statu quo dans les pays à économie de marché dans leur ensemble ne permet pas d'atteindre les buts du Protocole de Kyoto d'ici à 2008-2012, les pays en transition pourraient contribuer de façon importante à la solution. Eu égard à la disproportion énorme entre la taille de leur PIB et leur consommation d'énergie et les émissions de l'ensemble des gaz à effet de serre et de CO_2 (voir tableaux 1 à 3), ainsi qu'aux estimations indiquant un coût marginal de réduction d'une tonne de CO_2 bien inférieur, ils pourraient certainement jouer un rôle important. Il est facile de voir que toutes les réductions requises d'émission de CO_2 par les pays à économie de marché au moins au cours des 10 à 15 prochaines années pourraient provenir de réductions réalisées dans les pays en transition[20]. En outre, un certain nombre de ces pays ont effectué des réductions appréciables de l'intensité énergétique et des émissions au cours des années 90 (tableau 14).

Tableau 14. Émissions de gaz à effet de serre dans certains pays en transition, 1990 et 1998/99

Pays	TS/PIB			TCO_2/PIB		
	1990	1999	Évolution moyenne annuelle 1990-1999	1990	1998	Évolution moyenne annuelle 1990-1998
Bulgarie	1,93	1,57	-2,28	10,19	6,89	-4,35
République tchèque	0,87	0,74	-1,83	3,43	2,73	-2,56
Hongrie	0,56	0,49	-1,63	1,96	1,60	-2,26
Pologne	0,88	0,59	-4,29	4,64	2,47	-7,01
Slovaquie	1,07	0,82	-3,01	3,66	2,37	-4,82
Total	0,89	0,66	-3,38	4,10	2,53	-5,34

Source: Calculs du secrétariat de la CEE.

29. Pour maximiser les améliorations provenant des différences de coût marginal de réduction des émissions de CO_2 et de la création progressive d'un système d'échanges de crédits d'émission à l'échelle de l'ensemble de la CEE, il faudrait aborder un certain nombre de questions. En premier lieu, un mécanisme d'échanges d'émissions permettant de gagner des «crédits ou quotas d'émissions de gaz à effet de serre» devrait être mis en place[21]. Deuxièmement, il faudrait concevoir et promouvoir un mécanisme qui inciterait les pays à économie de marché à effectuer dans les pays en transition des investissements dans l'efficacité énergétique. Troisièmement, il serait nécessaire de définir l'efficacité énergétique de façon plus précise aux fins des projets à exécuter dans ce domaine. Cela serait particulièrement utile dans les pays où les prix de l'énergie sont bas en termes absolus et relatifs et ont peu de chances d'être portés à des niveaux économiques dans un avenir rapproché. Il serait possible

d'améliorer considérablement l'efficacité énergétique dans ces pays et secteurs, mais la concrétisation de ce potentiel dans le cadre d'un programme d'échanges d'émissions exige une élaboration plus poussée[22]. Quatrièmement, bien que celles des économies en transition qui sont le plus avancées ont amélioré de façon appréciable leur efficacité énergétique au cours de la décennie écoulée, la poursuite de ces améliorations serait plus probable dans l'hypothèse d'un flux ininterrompu d'investissements de l'étranger. La CEE est une instance appropriée pour l'étude de ces problèmes et de questions semblables, qui pourraient être essentielles pour le succès du Protocole de Kyoto dans la région de la CEE.

30. Par conséquent, pour atteindre les objectifs de Kyoto, les pays à économie de marché de la CEE, devraient soit réduire de façon appréciable leur consommation d'énergie ou subir des chocs résultant d'une politique délibérée, par exemple sous la forme d'importantes augmentations du prix de l'énergie. Les pays dont la croissance économique et démographique est élevée pourraient se trouver dans une situation particulièrement difficile dans cette hypothèse. En conséquence, les responsables politiques de la CEE doivent s'acquitter d'une tâche difficile, qui consiste à concilier deux buts assez contradictoires: adopter une politique environnementale internationale productive et mettre au point des politiques économiques et énergétiques efficaces.

Notes

[1] En 1998, le secrétariat de la CEE a établi un document intitulé: «Évolution de l'intensité énergétique dans les grandes régions de la CEE, 1960-1995/96, en particulier dans les pays en transition» (ENERGY/1998/11), qui contenait une grande quantité de données de base sur l'intensité énergétique jusqu'au milieu des années 90, ainsi qu'une analyse statistique très utile portant uniquement sur les pays en transition, selon un schéma interpays. Les personnes intéressées par les tendances passées de l'intensité énergétique devraient consulter ce document. La présente note porte sur l'ensemble de la région de la CEE et ses deux grands éléments: les pays à économie de marché et les pays en transition, tant dans une perspective interpays que par le biais de séries chronologiques. Elle repose en grande partie sur une base de données informatisée, qui n'était malheureusement pas disponible lors de la réalisation de l'étude publiée sous la cote ENERGY/1998/11.

[2] Pour une explication de ces relations, voir les résultats du modèle de régression utilisé dans la deuxième partie de cette note.

[3] L'échantillon comprenait tous les pays dont la part dans la consommation d'énergie de la région de la CEE était supérieure à 1 %: États-Unis, Canada, Autriche, Belgique, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Grèce, Irlande, Italie, Pays-Bas, Norvège, Portugal, Espagne, Suède, Suisse, Royaume-Uni, Bulgarie, République tchèque, Hongrie, Pologne, Slovaquie, Estonie, Lettonie, Lituanie et Ukraine. La seule exception était la Fédération de Russie.

[4] Le seul pays qui sortait de cette fourchette était la Bulgarie (56 %), qui représente un cas particulier à d'autres égards également.

[5] Ce choix de pays a été déterminé par la disponibilité de données cohérentes et comparables concernant l'économie, l'énergie et les émissions. Heureusement, il permet d'obtenir un échantillon représentatif de la CEE dans son ensemble: presque tous les pays à économie de marché sont inclus dans l'échantillon, avec pratiquement 100 % du PIB; les cinq pays européens en transition ont une part de 76 % dans le PIB total des pays en transition; et la Fédération de Russie et le Kazakhstan représentent approximativement trois quarts du PIB de la CEI.

[6] L'énorme manipulation de données nécessaires pour procéder à cette recherche novatrice a été favorisée par la disponibilité de certaines données de l'Agence internationale de l'énergie et par les informations et le savoir du secrétariat de la CEE, en particulier en ce qui concerne les pays en transition. Plus de 10 000 éléments de données ont été examinés, tandis qu'environ 4 500 éléments de données ont été utilisés directement pour l'analyse statistique et de régression.

[7] Les statistiques de base pour ces trois variables ont indiqué que la transformation en logarithmes naturels pourrait être à l'origine de différences lors d'une analyse ultérieure.

[8] Le tableau 1 révèle que le modèle de régression multiple passe avec succès les tests statistiques rigoureux destinés à vérifier la signification et la cohérence. L'ensemble des variables indépendantes et le modèle lui-même sont statistiquement significatifs avec un niveau de confiance de 99 %. Les signes des coefficients de toutes les variables indépendantes sont tels qu'on les attendait: négatifs pour la productivité et les prix relatifs de l'énergie et positif pour

la variable muette. En outre, la variation concernant l'évolution de l'efficacité énergétique dans le modèle de régression multiple est beaucoup plus faible que la variation dans les données initiales. Le modèle de régression multiple a fait l'objet de vérifications concernant l'absence de diverses déficiences et d'une violation du modèle de régression multiple. Ces vérifications ont confirmé de façon très nette la validité statistique et la cohérence du modèle.

9 Dans la pratique, l'échantillon était composé de 30 pays de l'OCDE dont les parts dans le PIB mondial et la consommation d'énergie du monde étaient de 81 % et 53 % respectivement. À l'exception de l'Australie, du Japon, de la République de Corée, du Mexique et de la Nouvelle-Zélande, tous ces pays appartiennent à la région de la CEE et leur part dans son PIB et sa consommation d'énergie primaire totale était respectivement de 97 % et de 85 %.

10 Le modèle de régression multiple a fait l'objet de vérifications concernant diverses déficiences et une violation éventuelle du modèle. Ces vérifications ont montré qu'il existait dans les données une nette persistance qui indiquait qu'une hypothèse d'indépendance n'était pas valable. Par exemple, la statistique DW était de 1,07. Pour cette raison et des raisons connexes, il a manifestement été nécessaire de rejeter la première hypothèse.

11 Le modèle de régression passe avec succès toutes les vérifications courantes nécessaires. Ces dernières ont confirmé de façon très nette la validité statistique et la cohérence du modèle.

12 Nous préconisons l'utilisation simultanée de TS/GDP et de CO_2/GDP, qui sont deux indicateurs essentiels de l'efficacité énergétique au sens large dans la région de la CEE.

13 Le tableau 9 indique que le modèle de régression multiple passe avec succès les vérifications statistiques les plus rigoureuses en matière de signification et de cohérence, mais qu'il est légèrement moins robuste sur le plan statistique que le modèle de régression multiple utilisé pour obtenir les déterminants de l'intensité énergétique par unité de PIB. Deux variables indépendantes et le modèle lui-même sont statistiquement significatifs à un niveau de confiance de 99,99 %. Comme prévu, le signe des coefficients des variables indépendantes est négatif. De même, la variation de l'évolution de l'efficacité énergétique dans le modèle de régression multiple est beaucoup plus faible que la variation dans les données initiales. Le modèle étaye clairement l'hypothèse selon laquelle les variations de seulement deux variables, à savoir la productivité nationale totale et les prix totaux relatifs de l'énergie, expliquent plus de 91 % des différences nationales d'intensité d'émission par unité de PIB. En outre, le modèle de régression multiple a fait l'objet de vérifications concernant diverses déficiences et une éventuelle violation du modèle. Comme dans le cas précédent, ces vérifications ont confirmé de façon très nette la validité statistique et la cohérence du modèle. Des informations sur toutes les procédures statistiques relatives à la validité du modèle de régression multiple utilisé dans le présent document sont disponibles sur demande.

14 L'échantillon de pays est utilisé comme dans l'analyse des séries chronologiques pour l'intensité énergétique par unité de PIB.

15 Il est à noter qu'une forme quadratique de l'intensité d'émission par unité de PIB de l'année précédente (LCO_2/GDP-1SQ) est ajoutée à l'équation. Le modèle lui-même est robuste et répond à toutes les conditions statistiques nécessaires pour qu'il soit statistiquement réel.

16 Il est postulé qu'il n'existe pas de marché de l'air pur.

17 Le secrétariat de la CEE a également estimé la courbe du coût marginal de la réduction du CO_2 dans un cadre statique. En fonction du modèle utilisé pour l'estimation, le coût de la réduction du premier pour cent des émissions totales de CO_2 aujourd'hui serait compris entre 67 et 131 USD. Le coût de réduction des premiers 2,5 % du total des émissions de CO_2 serait compris entre 170 et 330 USD. Selon ce modèle, des réductions plus importantes des émissions de CO_2 auraient des coûts marginaux beaucoup plus élevés.

18 Cela représente une réduction de 5 % par rapport au niveau des émissions en 1999. Pendant la période 1990-1999, les pays de l'OCDE ont augmenté leurs émissions de CO_2 de 9,8 % en moyenne.

19 Eu égard à la convergence des réductions de l'intensité énergétique et des émissions par unité de PIB et au fait que les mêmes facteurs déterminent à la fois l'intensité énergétique par unité de PIB et l'intensité des émissions par unité de PIB dans un cadre interpays, les expressions «intensité énergétique par unité de PIB» et «intensité d'émission par unité de PIB» pourraient être utilisées indifféremment.

20 Si l'on postule un but réaliste d'une réduction de 5 % des émissions de CO_2 d'ici à 2008-2012 par rapport au niveau de 1999, les pays à économie de marché et les pays en transition pourraient réduire les émissions de CO_2 de 475 et 151 millions de tonnes, respectivement. Même si toute la réduction était réalisée dans les pays en transition, leur intensité énergétique et leur intensité d'émission par unité de PIB resteraient plus élevées que dans les pays à économie de marché.

21 L'Union européenne a l'intention d'ouvrir son propre marché des émissions de gaz à effet de serre en 2005.

22 La Commission économique pour l'Europe étudie de façon approfondie les questions d'efficacité énergétique dans les pays en transition depuis le début des années 90.
Ses programmes EE 2000 et EE 21 ont eu du succès, mais ont également mis en évidence la complexité des questions d'efficacité énergétique dans les pays en transition.