



**BRESIL**

**Observatoire  
de Viabilité Energétique  
Rapports 2002**

**La Viabilité Energétique du Brésil**

**Rapport pour l'Observatoire de Viabilité Energétique**  
Université Fédérale de Rio de Janeiro – UFRJ  
Département de Prospective Energétique – PPE

**Ricardo Cunha da Costa**  
[cunha@ppe.ufrj.br](mailto:cunha@ppe.ufrj.br)

**Emilio Lèbre la Rovère**  
[Emilio@ppe.ufrj.br](mailto:Emilio@ppe.ufrj.br)

**Rio de Janeiro  
June 2002**

## Table des matières

• <a href="#">Sommaire</a> .....	p. 3
• <a href="#">Introduction</a> .....	p. 4
• <a href="#">Présentation Générale du Pays</a> .....	p. 5
Tableau 1 - Population Brésilienne	
Tableau 2 – Bilans Energétiques Brésiliens	
Tableau 3 – Indicateurs Energétiques et Economiques	
• <a href="#">Viabilité écologique</a> .....	p. 8
▶ Indicateur 1 : Les émissions de CO <sub>2</sub> du secteur énergétique par habitant	
Tableau 4 – Coefficients d'Emission (GgC/Tep) et Emissions de CO <sub>2</sub> (GgC)	
▶ Indicateur 2 : Le polluant local	
Tableau 5 – Niveaux d'Emissions à São Paulo	
• <a href="#">Viabilité Sociale</a> .....	p. 13
▶ Indicateur 3 : Accès fiable à l'électricité	
▶ Indicateur 4 : Consommation d'électricité des ménages	
Tableau 6 – Nombre d'Emplois	
Tableau 7 – Consommation d'Electricité des Ménages	
• <a href="#">Viabilité Economique</a> .....	p. 17
▶ Indicateur 5 : Vulnérabilité énergétique	
▶ Indicateur 6 : L'importance du secteur public dans les investissements énergétiques	
Tableau 8 – Investissements dans le Secteur Energétique	
• <a href="#">Viabilité Technologique</a> .....	p. 21
▶ Indicateur 7 : Intensité énergétique	
Tableau 9 – Données pour le Calcul de l'Intensité Energétique	
▶ Indicateur 8 : Déploiement des énergies renouvelables	
Tableau 10 – Production d'Electricité (GWh)	
Tableau 11 – Production d'Electricité Propre en 1999	
Tableau 12 – Consommation d'Energie Primaire (kTep)	
• <a href="#">L'Etoile pour le Brésil</a> .....	p. 26
• <a href="#">Références</a> .....	p. 27

## Sommaire

Ce rapport présente une analyse de la politique énergétique du Brésil faite en utilisant les huit indicateurs de viabilité proposés par l'Observatoire mondial de la viabilité énergétique. C'est la première fois que ce type de travail est réalisé au Brésil. Les valeurs des vecteurs sont présentées sur un graphique nommé "étoile" pour les années 1990 et 1999.

Les deux premiers indicateurs concernent l'environnement global et local. Les deux suivants sont des indicateurs sociaux. Le cinquième et le sixième traitent de l'économie et les deux derniers relèvent des aspects technologiques.

Lorsque la valeur du vecteur est égale à zéro, cela dénote un niveau durable de développement. La valeur du vecteur égale à un représente le "status quo", soit une valeur de référence, soit une moyenne mondiale, soit une valeur du passé. Une valeur égale à un peut être considérée comme un niveau non souhaitable pour l'indicateur en question. Les vecteurs peuvent dépasser la valeur un ou assumer des valeurs négatives.

Dans le cas du Brésil, il n'y a que deux indicateurs qui dépassent la valeur un. Ce sont "le polluant local" et "l'intensité énergétique". Dans le premier cas, nous avons pris, comme exemple, une des villes au Brésil les plus denses, les plus industrialisées, enfin les plus polluées. C'est la ville de São Paulo. Dans le deuxième cas, nous constatons que l'intensité énergétique est biaisée par la consommation des industries intensives en énergie. A part ces deux cas, tous les autres indicateurs sont inférieurs à 0,5.

Nous n'avons pas trouvé de données fiables sur les investissements, surtout ceux dans les énergies propres. C'est pourquoi nous avons décidé de changer l'indicateur 4. Nous avons choisi la consommation d'électricité dans les ménages pour représenter l'indicateur social numéro 4.

En ce qui concerne l'évolution des huit indicateurs entre 1990 et 1999, nous constatons une augmentation non négligeable des valeurs des indicateurs 1 et 8. Les augmentations ont les mêmes causes, c'est-à-dire l'augmentation des proportions des énergies fossiles dans le bilan énergétique (indicateur 8), ce qui affecte les émissions de CO<sub>2</sub> (indicateur 1).

L'indicateur 6, qui mesure la participation des investissements publics dans l'énergie non renouvelable, a eu une toute petite augmentation. Cette évolution n'est pas très dramatique parce que la valeur du vecteur vaut presque zéro.

Les autres indicateurs présentent une évolution vers la valeur zéro. Nous pourrions conclure à partir des analyses sur les huit indicateurs calculés dans ce rapport que le développement du Brésil présente un niveau élevé de viabilité, grâce à la part assez importante des énergies propres dans le bilan énergétique. Néanmoins, il y a un aspect qui mérite beaucoup d'attention : la proportion des combustibles fossiles croît de façon notable depuis le début des années 90.

## Introduction

Ce rapport est la première étude pour le Brésil sur l'ensemble des huit indicateurs de viabilité proposés par le groupe d'experts internationaux en énergie d'HELIO International. En fait, c'est encore un essai de mesurer ces indicateurs, puisque ni la méthodologie ni les valeurs de paramètres sont définitives. Encore qu'elle se trouve dans une phase préliminaire, nous pensons que cette étude aide à stimuler le débat sur une définition plus précise de la méthodologie, soit par les critiques et suggestions faites dans ce rapport, soit par la comparaison des résultats tirés d'autres rapports des pays appartenant au réseau HELIO.

Dans ce stage continu de développement de la méthodologie, il serait souhaitable d'avoir des commentaires et critiques des Observateurs-Reporters et des experts dans le monde entier. Les commentaires et critiques pourront servir à améliorer la qualité des données, la méthodologie, la présentation du rapport et les résultats. Avec l'apprentissage, nous cherchons à proposer, dans l'avenir, des politiques plus cohérentes avec le contexte des pays.

Le rapport sur le Brésil a été préparé par l'équipe du Département de Prospective Energétique (*Programa de Planejamento Energético – PPE*) de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ). Dans un premier temps, Ricardo Cunha da Costa, chercheur associé au PPE/UFRJ, a collecté les données et a calculé les indicateurs. Dans un deuxième temps, les résultats ont été analysés, ce qui est la base de ce rapport. Emilio Lèbre la Rovère, professeur au PPE/UFRJ, a dirigé ce travail. Ses commentaires et critiques ont engendré quelques modifications aussi bien sur la méthodologie de calcul des indicateurs que sur la rédaction.

Les huit indicateurs ont été calculés pour le Brésil pour les années 1990 et 1999. Il est vrai que certaines informations n'étaient pas disponibles, mais nous avons cherché des *substituts* raisonnables. Les données les plus difficiles à trouver concernent les investissements (indicateurs 4 et 6). Nous avons décidé de changer l'indicateur 4 parce que, dans le cas du Brésil, l'investissement dans les énergies propres n'est pas un bon *substitut* de l'indicateur social "création d'emploi"<sup>1</sup>. Cet indicateur est biaisé par la part assez importante de la production hydroélectrique, une filière qui est intensive en capital.

Dans ce contexte, l'indicateur 4 a été calculé par le biais de la consommation électrique des ménages. Elle va de pair avec l'indicateur social 3 (accès fiable à l'électricité) pour mesurer, en quelque sorte, le niveau de bien-être de la population. Elle devient très importante dans la mesure où l'intensité énergétique (indicateur 7) ne nous permet pas de savoir si une partie de la consommation énergétique est exportée sous forme d'exportation de produits intensifs en énergie.

---

<sup>1</sup> En outre, il faut souligner que le déploiement des énergies renouvelables est déjà mesuré par l'indicateur 8.

## Présentation Générale du Pays

En 1940, la population brésilienne était d'environ 41 millions, avec presque 69% en milieu rural. Soixante ans plus tard, en 2000, 81% des 170 millions d'habitants habitaient dans les villes. Le tableau 1 montre l'évolution de la population au Brésil pendant cette période. On peut observer par les estimations récentes de l'IBGE (Institut Brésilien de Géographie et Statistique) que le Brésil a atteint les taux d'urbanisation des pays industrialisés.

**Tableau 1 – Population Brésilienne (en mille)**

année	urbaine		rurale		total
1940	12880	31%	28356	69%	41236
1950	18783	36%	33162	64%	51944
1960	31303	45%	38767	55%	70070
1970	52085	56%	41054	44%	93139
1980	80436	68%	38566	32%	119003
1990	108924	76%	35167	24%	144091
2000	137670	81%	31874	19%	169544

Source : [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

La croissance économique s'est accélérée pendant la période d'après-guerre. L'industrialisation se développait selon le modèle de substitution des importations. Jusqu'aux années 80, le pays a connu un taux de croissance moyenne de 7% par an. En 1990, le revenu *per capita* dépassait les US\$4000. L'industrie produisait 30% du PIB, tandis que le reste était fourni par les services et par l'agriculture, respectivement à hauteur de 60% et de 10% du PIB. Ces taux remarquables d'urbanisation et de croissance ont contribué à réduire le taux annuel de croissance démographique à 1,6%<sup>2</sup>, alors que ce taux était de 3% dans les années 50.

Pendant cette période de croissance accélérée, la modernisation de l'infrastructure et le modèle de développement centré sur l'industrie automobile ont sensiblement contribué à un changement de la demande énergétique, y compris de son profil. En 1940, la biomasse représentait 80% de la consommation énergétique, et l'hydraulique seulement 5%, les dérivés de pétrole 6%, et le charbon 6%. En 1990, deux grandes entreprises publiques dans le domaine du pétrole et de l'hydroélectrique ont contribué aux deux tiers de l'offre d'énergie, tandis que la part de la biomasse se réduisait à 15% (voir tableau 2). En résumé, la consommation d'énergie *per capita* a doublé pendant cette période, passant de 0,6 à 1,3 tep par an.

La forte augmentation de la consommation d'électricité a été possible grâce au potentiel hydroélectrique national qui est encore loin d'être épuisé<sup>3</sup>. En ce qui concerne les produits dérivés du pétrole, la consommation a beaucoup augmenté du fait du développement du transport routier et de l'industrie. Mais il faut noter que le Brésil n'est pas un pays riche en pétrole<sup>4</sup>, l'augmentation de la demande étant satisfaite par les importations. En 1973, à l'époque du premier choc pétrolier, la production domestique de pétrole ne répondait qu'à 17% de la demande. Après le deuxième choc pétrolier, la

<sup>2</sup> L'IBGE estime un taux de croissance démographique de 1,4% en 2001.

<sup>3</sup> En 1990, 70% du potentiel n'était pas exploité.

<sup>4</sup> Le gisement total connu équivaut à environ 10 ans de consommation domestique.

facture pétrolière a beaucoup pesé sur la balance des paiements, représentant plus de la moitié des importations brésiliennes.

Un programme ambitieux a été déclenché par le gouvernement dont l'objectif était de remplacer le pétrole importé par des sources énergétiques domestiques. La production domestique de pétrole a augmenté de façon à satisfaire 60% de la consommation en 1990. Dans ce contexte, on observe que les énergies renouvelables furent des variables clés pour l'économie brésilienne, dont l'objectif majeur était de réduire les dépenses à l'étranger à cause des prix élevés du pétrole.

Deux types d'énergie ont bénéficié d'une priorité pendant les années 80. La première est l'hydraulique, à l'origine de presque toute l'électricité au Brésil (95%). La deuxième est l'éthanol produit à partir de la canne à sucre, qui approvisionnait plus de la moitié de la consommation des voitures. Le Programme Alcool est devenu un symbole de lutte contre la dépendance énergétique. La production d'éthanol a atteint 12 milliards de litres par an, en partie destinée à la consommation des 4,2 millions de voitures à éthanol, et l'autre partie à la production de "gasalcool"<sup>5</sup>.

**Tableau 2 – Bilans Energétiques Brésiliens**

	1970		1980		1990		1999	
	Mtep <sup>a</sup>	%	Mtep <sup>a</sup>	%	Mtep <sup>a</sup>	%	Mtep <sup>a</sup>	%
Pétrole	24,7	33,1	54,3	39,0	56,6	30,2	92,2	34,9
Gaz Naturel	0,2	0,2	1,1	0,8	4,2	2,2	11,9	4,5
Charbon	2,7	3,6	5,8	4,2	9,5	5,1	12,7	4,8
Nucléaire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	1,4	0,5
Total non-renouvelable	27,5	36,9	61,2	44,0	70,9	37,9	118,1	44,7
Hydroélectricité	11,8	15,8	37,3	26,8	67,6	36,1	96,5	36,5
Bois <sup>b</sup>	31,8	42,6	30,7	22,0	28,2	15,1	21,3	8,0
Bagasse	3,5	4,7	9,0	6,5	18,5	9,9	24,8	9,4
Autres	0,0	0,0	1,0	0,7	2,1	1,1	3,8	1,4
Total renouvelables	47,1	63,1	78,0	56,0	116,4	62,1	146,4	55,3
Total	74,6	100	139,2	100	187,3	100	264,5	100

<sup>a</sup> Pour l'électricité, 1MWh = 0,29 Mtep.

<sup>b</sup> Y compris la production non renouvelable.

**Source : MME (2000).**

Il faut également souligner que le bois a toujours joué un rôle important dans l'industrie dans les années 80. Le bois a été utilisé pour fournir 32% de la demande de chaleur du secteur, notamment en raison du rôle du charbon de bois comme combustible et comme matière première dans la sidérurgie.

On peut observer que le Brésil a adopté involontairement une politique assez efficace pour éviter les émissions de CO<sub>2</sub>. Malgré la réduction des émissions et la réduction de la dépendance aux importations, les besoins de financements pour développer les gros

<sup>5</sup> Les voitures à essence roulent avec ce type de combustible, un mélange d'essence (78%) et d'éthanol (22%).

projets dans le secteur énergétique ont certainement contribué à aggraver l'inflation. Le gouvernement, à son tour, afin de réduire le risque d'hyper-inflation, visait à freiner l'inflation par le biais des tarifs publics. Cette stratégie a été dramatique pour le secteur énergétique parce qu'il avait des coûts très élevés, mais les tarifs n'étaient pas suffisants pour rémunérer le capital.

La renégociation de la dette à l'étranger au début des années 90 a contribué aux réductions des déséquilibres macroéconomiques, mais jusqu'à 1994 l'inflation était encore élevée, ce qui a freiné la croissance, l'épargne et les investissements. Pendant la deuxième moitié des années 90 l'inflation est contrôlée, stimulant d'une certaine façon la croissance, malgré les contraintes financières, la politique monétaire de taux d'intérêt très élevés (pour contrôler l'inflation) et la politique fiscale pour la réduction du déficit public.

Pendant les années 90, les taux de croissance de la population et du PIB ont été de 1,6% et 2,6% par an, respectivement. Tableau 3 présente des variables clés pour la consommation énergétique jusqu'à 1999, puisque les données du bilan énergétique pour 2000 ne sont pas encore disponibles.

**Tableau 3 – Indicateurs Energétiques et Economiques**

	1990	1994	1999
Population (millions)	144,1	153,0	166,3
PIB (milliards de US\$ de 1998)	627,6	700,3	781,6
Consommation Énergétique (Mtep)	187,3	210,8	264,5
PIB/cap (US\$/cap)	4355	4577	4700
Energie/cap (tep/cap)	1,30	1,38	1,59
Energie/PIB (ktep/US\$)	0,298	0,301	0,338

Le PIB *per capita* est de 7 à 10 fois moins important que celui des pays de l'OCDE. L'intensité énergétique est élevée due au poids relatif des industries intensives en énergie dans l'économie et la demande élevée des transports. C'est pourquoi la consommation a augmenté plus rapidement que le PIB, notamment la consommation de dérivés de pétrole, gaz naturel et électricité.

En ce qui concerne les indicateurs sociaux, on observe une petite amélioration de la qualité de vie, surtout après 1994, mais il faut noter que le grave problème de concentration des revenus demeure. Le taux des illettrés (des adultes de plus de 15 ans) est d'environ 14%. La mortalité infantile a été de 3,6% en 1998, tandis qu'en 1994 elle était de 4,8%. En 1998, un tiers de la population vivait en dessous du seuil de pauvreté, alors qu'en 1994 le pourcentage était de 44%. Voilà les principales caractéristiques socio-économiques du pays.

## Viabilité Ecologique

### ► Indicateur 1 : Les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur énergétique par habitant

L'inventaire des émissions de CO<sub>2</sub> d'origine énergétique est disponible sur le site *web* du Ministère de la Science et de la Technologie au Brésil (MCT). Les informations concernent la période de 1990 à 1994. Les combustibles fossiles sont composés de trois catégories : solides, liquides et gazeux. Les combustibles fossiles solides sont de quatre types. Les liquides sont constitués de treize combustibles et les gazeux de deux types de gaz naturel.

Les données sur les émissions de CO<sub>2</sub> en 1999 n'étant pas disponibles, nous avons fait des estimations à partir des données de l'inventaire et des bilans énergétiques. Des coefficients d'émissions ont été calculés pour l'année 1994. Les émissions de CO<sub>2</sub> en 1999 résultent de la multiplication des coefficients d'émissions en 1994 par la consommation domestique<sup>1</sup> de chaque énergie en 1999. Le tableau 4 présente ces informations.

**Tableau 4 – Coefficients d'Emission (GgC/Tep) et Emissions de CO<sub>2</sub> (GgC)**

Sources	Emissions de CO <sub>2</sub> (1990)	Emissions de CO <sub>2</sub> (1994)	Coefficients d'Emission	Emissions de CO <sub>2</sub> (1999)
Pétrole brut	50406	52574	0,86268	68807
Essence	-1420	-1702	0,80359	305
Kérosène	-465	-239	0,92636	652
Diesel	279	1538	0,85922	3008
Fioul	-1595	113	0,89683	361
GPL	1000	1388	0,73168	2311
Autres fossiles	653	750	--	0
Non énergétiques	-5985	-4781	-0,94775	-2378
Charbon	10267	11030	1,08615	12751
Coke	-35	1256	1,30426	1191
Gaz naturel	1889	2266	0,45320	5375
Autres primaires	174	161	0,05426	204
Total	55168	64354		92585

**Source :** [www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br).

Les émissions par habitant en 1990 et en 1999 ont été aisément calculées en divisant les émissions totales par la population (voir tableau 3). Nous avons trouvé les émissions *per capita* suivantes en 1990 et 1999:

$X(1990) = 383 \text{ kgC/capita}$  (les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant en 1990);

$X(1999) = 557 \text{ kgC/capita}$  (les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant en 1999);

Les valeurs des paramètres pour l'indicateur 1 sont :

<sup>1</sup> Production plus importation moins exportation moins consommation non énergétique.



$W = 1130 \text{ kgC/capita};$

$Y = 339 \text{ kgC/capita};$  et

$Z = 791 \text{ kgC/capita}.$

Les valeurs des vecteurs sont estimées à:

$$I(1990) = (383 - 339) / 791 = 0,055$$

$$I(1999) = (557 - 339) / 791 = 0,275$$

On observe par ces valeurs que le Brésil présente un niveau d'émission de CO<sub>2</sub> bien en dessous de la moyenne mondiale en 1990. Les valeurs des indicateurs sont très proches de zéro. Le degré élevé de durabilité en termes d'émission de CO<sub>2</sub> s'explique par le fait que le pays a adopté, pendant la période de crise du pétrole, le chemin de la substitution des sources fossiles importées par les sources nationales. Les sources fossiles ne sont pas abondantes au Brésil, comme nous avons déjà remarqué. C'est pourquoi le pays a valorisé des sources renouvelables telles que l'hydraulique et la biomasse (voir l'introduction de ce rapport).

Malgré les efforts pour inciter la pénétration des sources renouvelables pendant les années 70 et 80, on voit une augmentation des parts des énergies fossiles dans le bilan énergétique brésilien, notamment depuis la deuxième moitié des années 90. Cette tendance peut être observée par la comparaison entre les indicateurs I(1990) et I(1999).

Le potentiel des énergies renouvelables est encore important, mais le coût, y compris le risque, est très élevé. Dans une logique où les décisions sont entreprises selon les règles du marché, malgré les non négligeables externalités provoquées par les sources fossiles, il est peu probable que le capital privé s'intéresse par les sources renouvelables telles que l'hydraulique et la biomasse.

Ce qu'on observe en fait est l'augmentation des parts des énergies fossiles. Du côté de la demande d'énergie, l'essence remplace l'éthanol dans le transport routier et le coke remplace le charbon de bois dans la sidérurgie. Du côté de l'offre, le gaz naturel a été mis en avant pour la production d'électricité au détriment de l'hydraulique. Voilà pourquoi il faut changer dans le moyen terme cette tendance à prioriser les sources fossiles au Brésil.

## ►Indicateur 2 : Le polluant local

Les données sur la pollution locale sont très limitées au Brésil. Les informations ne se trouvent que dans quelques grandes villes. Nous avons choisi la ville la plus importante au Brésil, en termes de taille et de niveau d'industrialisation, pour calculer l'indicateur 2. La ville choisie s'appelle São Paulo. La population à São Paulo dépasse les 10 millions d'habitants et atteint les 15 millions d'habitants si on considère les environs de São Paulo.

La surveillance des émissions des polluants est faite par la CETESB, Compagnie de Contrôle Environnemental à São Paulo. Le rapport sur la qualité de l'air dans la région métropolitaine de São Paulo (RMSP) est disponible sur le site *web* de la CETESB ([www.cetesb.br](http://www.cetesb.br)).

Le rapport de la CETESB présente, premièrement, les principales sources de pollution dans la RMSP. On observe, par exemple, que les sources mobiles dans le secteur des transports sont les principales responsables de la pollution locale.

Deuxièmement, le rapport présente les paramètres utilisés dans les calculs sur les indices d'émissions, ainsi que la méthodologie de collecte de données. Enfin, divers indices de qualité de l'air sont calculés tels que les particules totales en suspension (PTS), la fumée, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, l'ozone et autres. Une série de données est présentée pour chaque indicateur, mais il faut signaler que certaines séries ne sont pas continues dans le temps. Les données ne sont pas présentées pour toutes les années.

**Tableau 5 – Niveaux d'Émissions à São Paulo**

	1990	1999	valeur de référence
PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	100	80	80
SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	70	25	80
CO (ppm)	8	3,5	9
Fumée ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	70	45	60
Ozone ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	120	100	160
NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	100	70	100

**Source : CETESB (2000).**

Nous avons choisi dans un premier temps, pour ce rapport, les particules totales en suspension (PTS) et les émissions de SO<sub>2</sub> pour calculer l'indicateur 2 (pollution locale). Ces deux séries ne présentent pas beaucoup de discontinuités.

Lorsqu'on a plusieurs paramètres pour calculer l'indicateur 2, le "Guide pour les Observateurs-Reporters" d'HELIO International propose, pour le moment, qu'on calcule un indice pour chacun des paramètres. L'indicateur final est calculé par la moyenne de ces indicateurs intermédiaires.

La métrique de l'indicateur 2 est présentée dans le Guide de deux façons différentes. Soit le vecteur est calculé en fonction du niveau des émissions par habitant en 1990, dont l'objectif est le dixième de cette valeur, soit le vecteur est calculé en fonction des directives OMS. Dans ce dernier cas, la valeur du vecteur = 1 équivaut à 100% de la directive OMS et l'objectif (la valeur du vecteur = 0) correspond à 20% de la directive OMS.

Nous avons préféré cette deuxième méthodologie. Les paramètres choisis sont les PTS et les émissions de SO<sub>2</sub>.

Les directives OMS pour les polluants locaux sont:

$$W(\text{PTS}) = 50 \mu\text{gr}/\text{m}^3;$$

$$W(\text{SO}_2) = 60 \mu\text{gr}/\text{m}^3.$$

Les objectifs à atteindre sont:

$$Y(\text{PTS}) = 20\% \times 50 = 10 \mu\text{gr}/\text{m}^3;$$

$$Y(\text{SO}_2) = 20\% \times 60 = 12 \mu\text{gr}/\text{m}^3.$$

Nous calculons, d'abord, les indicateurs intermédiaires PTS et SO<sub>2</sub> et ensuite l'indicateur composite.

a) Calcul de l'indicateur PTS

$$X(1990) = 100 \mu\text{g}/\text{m}^3;$$

$$X(1999) = 80 \mu\text{g}/\text{m}^3;$$

Les valeurs des paramètres :

$$W = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3;$$

$$Y = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3; \text{ et}$$

$$Z = 40 \mu\text{g}/\text{m}^3.$$

Les valeurs des vecteurs sont estimées à:

$$I(1990) = (100 - 10) / 40 = 2,250$$

$$I(1999) = (80 - 10) / 40 = 1,750$$

b) Calcul de l'indicateur SO<sub>2</sub>

$$X(1990) = 70 \mu\text{g}/\text{m}^3;$$

$$X(1999) = 25 \mu\text{g}/\text{m}^3;$$

Les valeurs des paramètres :

$$W = 60 \mu\text{g}/\text{m}^3;$$

$$Y = 12 \mu\text{g}/\text{m}^3; \text{ et}$$

$$Z = 48 \mu\text{g}/\text{m}^3.$$

Les valeurs des vecteurs sont estimées à:

$$I(1990) = (70 - 12) / 48 = 1,208$$

$$I(1999) = (25 - 12) / 48 = 0,271$$

c) Calcul de l'indicateur composite (PTS + SO<sub>2</sub>)

En accordant un poids égal à chacun des polluants, la valeur du vecteur composite devient:

$$I(1990) = (2,250 + 1,208) / 2 = 1,729.$$

$$I(1999) = (1,750 + 0,271) / 2 = 1,010.$$

Il est intéressant de noter que les émissions de PTS et de SO<sub>2</sub> en 1999 sont en dessous des valeurs de référence obtenues dans le rapport de la CETESB (voir tableau 5). Lorsqu'on calcule les vecteurs en fonction des directives OMS, on vérifie que les PTS en 1990 et 1999 et les émissions de SO<sub>2</sub> en 1990 sont au-dessus de la directive OMS. Mais si on avait employé l'autre méthodologie proposée dans le Guide, c'est-à-dire en prenant les émissions en 1990 comme référence, les valeurs de vecteurs se trouveraient entre 0 et 1.

Le calcul du vecteur composite par la moyenne des vecteurs intermédiaires peut poser un problème quand les écarts parmi les indicateurs sont importants. Dans le cas de São Paulo, on voit que les PTS sont bien au-dessus de l'objectif, tandis que les émissions de SO<sub>2</sub> s'approchent de l'objectif. Le calcul de l'indicateur composé est d'une certaine façon biaisé par cet écart entre les valeurs des indicateurs intermédiaires.

Il serait important de définir les valeurs des objectifs pour chacun des ces indicateurs pour une comparaison internationale. Ainsi, les Observateurs-Reporters devraient choisir les indicateurs les plus importants pour leurs pays ou région, si les données sont disponibles. Enfin, ils devraient indiquer un poids pour chaque indicateur, s'ils trouvent que les paramètres choisis sont plus ou moins importants dans son pays ou région.

## Viabilité Sociale

### ►Indicateur 3 : Accès fiable à l'électricité

L'Eletrobras, dans les cahiers SIESE, publie tous les ans le nombre total de consommateurs résidentiels d'électricité par Etat ou par région ([www.eletrobras.gov.br](http://www.eletrobras.gov.br)). Selon cette source, le nombre total en 1999 a été de 38 674 000 foyers.

L'IBGE, selon l'Enquête Nationale par Echantillon de Domiciles (PNAD – *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios*), présente le nombre de domiciles privés permanents par région qui sont reliés au réseau électrique ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)). L'échantillon de la PNAD est découpé en domiciles urbains et ruraux.

En 1999, le total de ménages avec l'électricité atteint 40.603.098, soit 34.583.334 dans les zones urbaines et 6.019.764 dans les zones rurales. Ces chiffres sont de 5% supérieurs à ceux d'Eletrobras. Il faut noter que les enquêtes ne présentent aucune similitude. L'Eletrobras ne prend peut-être pas en compte certains consommateurs qui sont illégalement reliés au réseau électrique.

Nous avons préféré utiliser les données PNAD parce que son enquête découpe les informations en urbaines (34.870.828 domiciles) et rurales (7.980.498 domiciles). Cette information est importante dans la mesure où la grande partie de la population brésilienne se trouve dans les villes et presque tous les ménages urbains permanents sont reliés au réseau (99%).

Quand on voit les chiffres concernant les zones rurales, on vérifie qu'il y a encore un quart des ménages qui n'ont pas accès à l'électricité. Il est vrai qu'il y a eu des progrès dans ce domaine les dernières années. En 1990, seulement 55% des ménages avaient accès à l'électricité dans le milieu rural au Brésil.

Le nombre de ménages dans le milieu rural ayant accès à l'électricité en 1990 et 1999 peut se calculer de la façon suivante:

$$X(1990) = 55,4\%$$

$$X(1999) = 75,4\%$$

Les valeurs des paramètres pour l'indicateur 3 sont :

W = 0% des ménages ont accès à l'électricité dans le milieu rural;

Y = 100% des ménages ont accès à l'électricité dans le milieu rural; et

Z = -1.

Les valeurs des vecteurs sont estimées à:

$$I(1990) = (0,554 - 1) / -1 = 0,446$$

$$I(1999) = (0,754 - 1) / -1 = 0,246$$

On voit par les résultats que dans le milieu rural il y a une partie non négligeable de la population qui n'a pas d'accès à l'électricité. Néanmoins, quand on prend les données sur le Brésil dans son ensemble, on observe un niveau très élevé de ménages (95%) qui ont accès au réseau électrique.

Il nous semble qu'il faut modifier l'échelle du segment Z pour qu'une variation de la variable en question X (pourcentage des ménages qui ont accès à l'électricité dans le milieu rural) puisse affecter de façon plus importante la valeur du vecteur. Cela peut se

faire par le changement de la valeur du paramètre  $W$ . Au lieu de considérer  $W = 0\%$ , on pourrait, par exemple, poser  $W = 30\%$  comme niveau faible d'accès au réseau électrique. Dans ce cas, les valeurs des vecteurs seraient:

$$I(1990) = 0,637$$

$$I(1999) = 0,351$$

## ► Indicateur 4 : Consommation d'électricité des ménages (à la place d'investissement dans les énergies propres)

La création d'emploi serait le deuxième indicateur social proposé dans le Guide, s'il n'y avait pas un problème de disponibilité d'information au niveau mondial. Dans le cas du Brésil, comme nous l'avons déjà remarqué, deux entreprises publiques représentaient deux tiers de la production d'énergie au début des années 90: l'Eletrobras et la Petrobras.

Pour ces deux entreprises, on a des informations sur le nombre d'emplois par entreprise. On pourrait supposer que toute énergie électrique est produite par des sources renouvelables (voir tableau 10 plus loin), tandis que la Petrobras ne produit que des combustibles fossiles (dérivés du pétrole et gaz naturel). Le tableau 6 résume ces informations.

**Tableau 6 – Nombre d'Emplois**

	1995	1999
Petrobras	46.226	35.891
Eletrobras	172.693	112.696

Sources : [www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br) et [www.eletrobras.gov.br](http://www.eletrobras.gov.br).

Il est vrai que pour des niveaux de production d'énergie en Tep<sup>7</sup> et d'investissement<sup>8</sup> qui ne sont pas très contrastés, l'Eletrobras a beaucoup plus d'employés que la Petrobras. En d'autres mots, les investissements en énergies propres au Brésil créent plus d'emplois que ceux en énergies fossiles, ce qui corrobore l'affirmation du Guide. Néanmoins, nous faisons des comparaisons entre sources intensives en capital, facteur rare dans les pays en voie de développement. D'autres sources renouvelables telles que la biomasse, par exemple, créent plus d'emplois que l'hydraulique.

En fait, au lieu d'utiliser les investissements dans les énergies propres comme *substitut* de l'indicateur "création d'emplois", nous avons préféré utiliser la consommation d'électricité des ménages *per capita* comme le deuxième indicateur social.

Bien que 88% de la population brésilienne avaient accès à l'électricité en 1990 (indicateur social 3), la consommation d'électricité par habitant a été très basse par rapport à la consommation d'électricité en France ou à celle des pays de l'OCDE. Le tableau 7 montre ces consommations en 1990. Nous y ajoutons la consommation au Brésil en 1999.

<sup>7</sup> En 1999, la production de pétrole, dérivés du pétrole et gaz naturel a été de 93229 kTep et la production hydraulique et d'électricité, calculée par l'équivalent thermique moyen (1kWh = 3132 kcal) a été de 96493 kTep.

<sup>8</sup> Pendant la deuxième moitié des années 90, l'Eletrobras a investi 5,2 milliards de Reais par an, en moyenne, tandis que la Petrobras a investi 6,7 milliards de Reais par an.

**Tableau 7 – Consommation d'Électricité des Ménages**

	OCDE	France	Brésil (1990)	Brésil (1999)
Consommation (TWh)	1836,0	96,9	48,7	81,3
Population (milliards)	839	56	144	166
Consommation (MWh/cap)	2,19	1,72	0,34	0,49

**Sources : MME (2000) et Bilans Énergétiques de l'OCDE.**

Nous avons utilisé les données du tableau 7 pour calculer l'indicateur 4. La consommation d'électricité *per capita* étant de:

$$X(1990) = 0,34 \text{ MWh/cap}$$

$$X(1999) = 0,49 \text{ MWh/cap}$$

Et si on considère les valeurs des paramètres comme :

$W = 2,19$  (100% de la consommation d'électricité *per capita* des pays de l'OCDE en 1990);

$Y = 0,66$  (30% de la consommation d'électricité *per capita* des pays de l'OCDE en 1990);  
et

$$Z = 1,53.$$

Les valeurs des vecteurs seront:

$$I(1990) = (0,34 - 0,66) / 1,53 = -0,208$$

$$I(1999) = (0,49 - 0,66) / 1,53 = -0,109$$

Etant donné que la valeur de l'indicateur est négative, le pays peut encore augmenter la consommation d'électricité dans les ménages. Il reste à savoir si la valeur établie à l'objectif, c'est-à-dire 30% de la consommation d'électricité des ménages dans les pays de l'OCDE, est raisonnable.

La combinaison des indicateurs sociaux 3 et 4 montrent que, dans le cas du Brésil, le manque d'infrastructure (réseau électrique) n'est pas un problème majeur de la faible consommation d'énergie par les ménages. On verra plus loin que la consommation d'énergie n'est pas faible au Brésil (indicateur 7). Ce sont d'autres secteurs que le résidentiel qui sont les responsables majeurs de la consommation énergétique au Brésil.



## Viabilité Economique

### ►Indicateur 5 : Vulnérabilité énergétique

En termes d'énergie non renouvelable, on peut considérer que le Brésil est un pays dépendant de combustibles fossiles. Le secteur des transports est le principal consommateur de ce type d'énergie.

Le pays a fait beaucoup d'efforts pour réduire son niveau de dépendance de l'étranger depuis le deuxième choc pétrolier. En 1980, le pays importait 83% de la consommation de pétrole brut. En 1985, les importations se réduisent à 43%. Depuis lors, ce taux s'est stabilisé à environ 45%. Durant les deux dernières années, on observe une chute accentuée, probablement à cause des contraintes de balance des paiements. En 1999, le volume d'importation a été de 35% (MME, 2000).

En ce qui concerne le charbon, on observe une augmentation du taux d'importation. En 1980, 75% du charbon consommé dans l'industrie a été importé. Avec la privatisation des industries sidérurgiques, une nouvelle structure de production à grande échelle a été mise en œuvre, privilégiant la filière charbon au détriment du charbon de bois. En 1999, 99,5% du charbon consommé par l'industrie a été importé (MME, 2000).

Le charbon national est de basse qualité. Le secteur électrique consomme presque 90% de la production nationale. Si on prend en compte le charbon consommé aussi bien par l'industrie que par le secteur énergétique, les taux d'importation en 1980 et 1999 sont de 58% et 82% respectivement. Ce taux augmente de façon plus accentuée depuis les années 90, après la mise en œuvre des politiques d'ajustement structurel, c'est-à-dire l'ouverture des marchés, la déréglementation et la privatisation des entreprises publiques.

Les valeurs des rapports entre les importations d'énergie non-renouvelable et la consommation d'énergie non-renouvelable en termes physiques sont:

$$X(1990) = 55\%$$

$$X(1999) = 40\%$$

Les valeurs des paramètres pour l'indicateur 5 sont :

$$W = 100\%;$$

$$Y = 0\%; \text{ et}$$

$$Z = 1.$$

$$I(1990) = (0,55 - 0) / 1 = 0,55$$

$$I(1999) = (0,40 - 0) / 1 = 0,40$$

Malgré le fait que le pays a augmenté ses importations de charbon, on observe que la dépendance des énergies fossiles a beaucoup diminué dans les dernières années. Dans un premier temps, le pays a remplacé une partie de la consommation des combustibles fossiles par l'éthanol. Dans un deuxième temps, la production nationale de pétrole *off-shore* a été mise en avant. La réduction de la valeur du vecteur est due à cette deuxième option, c'est-à-dire à l'augmentation de la production nationale de pétrole.

Il faut noter que si au lieu de mettre la production domestique de pétrole en priorité, les biocarburants étaient valorisés, la valeur du vecteur pourrait se détériorer si le taux d'importation des énergies non renouvelables augmentait au fil du temps. C'est pourquoi

Il est important de calculer le vecteur non seulement en fonction de la consommation d'énergie non renouvelable, mais aussi en fonction du total de la consommation énergétique. Mais cela sera traité plus tard avec l'indicateur 8.

## ►Indicateur 6 : L'importance du secteur public dans les investissements énergétiques

Dans les pays en voie de développement, les données sur les investissements ne sont pas faciles à trouver. Au Brésil, nous avons trouvé des données agrégées sur les investissements des deux principales entreprises publiques: l'Eletrobras et la Petrobras.

Les informations par les sources non renouvelables ne sont pas disponibles. Nous avons considéré que l'investissement de la Petrobras est un bon *substitut* pour les investissements publics dans des sources non renouvelables.

A titre d'information, nous avons mis dans le tableau 8 les investissements du secteur énergétique. Dans ce tableau nous pouvons apercevoir la croissance de la participation du capital privé dans la production d'électricité depuis 1995, quand, de fait, le processus de privatisation du secteur électrique a été mis en œuvre (BNDES, 2000).

**Tableau 8 – Investissements dans le Secteur Energétique  
(en milliards de reais)**

	1995	1996	1997	1998	1999
Pétrole	5,7	5,9	5,9	8,4	7,6
Electricité	4,4	5,1	6,1	5,4	5,3
• public	3,7	4,6	5,0	4,2	3,4
• privé	0,7	0,5	1,1	1,2	1,9

Sources : BNDES, "O Setor Elétrico – Desempenho 93/99", Informe Infra-Estrutura, no. 53, décembre, 2000 ([www.bndes.gov.br](http://www.bndes.gov.br)) et Petrobras, "Relatório Anual 1999", [www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br).

On voit que dans le secteur électrique l'investissement public décroît au fil du temps. La pénétration du capital privé n'est pas assez importante pour répondre à la croissance de la demande d'électricité. Aujourd'hui, on constate une crise du système électrique brésilien. Les consommateurs sont obligés à réduire leurs consommations de 20% par rapport à leurs consommations de l'année précédente.

Dans ce cas, nous constatons que si d'un côté les investissements publics dans le secteur énergétique provoquent des effets d'éviction dans d'autres secteurs de l'économie, en retardant la croissance leurs productivités, de l'autre le manque d'énergie peut provoquer des effets négatifs plus importants sur les productivités des divers secteurs ou sur la productivité de l'économie dans son ensemble. En plus, le bien-être du consommateur est affecté lorsqu'il manque d'électricité.

Pour calculer indicateur 6, nous avons pris le rapport, en 1995 et 1999, entre l'investissement de la Petrobras (voir tableau 8), un *substitut* des investissements publics dans l'énergie non-renouvelable, et le PIB<sup>9</sup>. Les ratios pour 1995 et 1999 sont:

$$X(1995) = 0,63\%$$

$$X(1999) = 0,79\%$$

Les paramètres sont définis comme:

$$W = 10\%;$$

<sup>9</sup> Les valeurs du PIB sont détaillées plus loin pour le calcul de l'indicateur 7.

$Y = 0\%$ ; et

$Z = 0,1$ .

Les vecteurs valent:

$$I(1995) = (0,0063 - 0) / 0,1 = 0,063$$

$$I(1999) = (0,0079 - 0) / 0,1 = 0,079$$

Avec ces informations préliminaires, on voit que le secteur public brésilien ne dépense pas beaucoup de fonds dans le secteur énergétique brésilien. Les investissements de Petrobras sont inférieurs à 1% du PIB. Si on y ajoute les investissements publics dans le secteur électrique, ce ratio atteint 1%, ce qui équivaut à moins de 10% des investissements totaux.

## Viabilité Technologique

### ►Indicateur 7 : Intensité énergétique

Pour calculer l'intensité énergétique, on a besoin de connaître la consommation énergétique et le PIB. Le Guide propose deux façons de calculer l'intensité énergétique: soit on utilise la consommation d'énergie commerciale et le PIB en valeur convertie par le taux d'échange réel, soit on prend en compte les énergies commerciales et non-commerciales et on utilise le PIB à parité de pouvoir d'achat.

Nous présentons dans le tableau 9 la consommation énergétique, le PIB converti au taux d'échange réel et le PIB à parité de pouvoir d'achat (PPP). Les informations sur le PIB sont produites par l'IBGE. L'Institut de Recherches Appliquées en Economie (*IPEA – Instituto de Pesquisas Aplicadas em Economia*) met également à disposition ces données sur son site web ([www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br)). Les PIB ppp en 1999 et 1994 ont été obtenus sur le site web de la Banque mondiale<sup>10</sup>.

**Tableau 9 – Données pour le Calcul de l'Intensité Energétique**

	1994	1999
PIB (milliard de US\$ 1998)	700,3	781,6
PNB ppp	896,0	1148,0
Consommation d'énergie (TJ)	6690149	8441319
Intensité Energétique (MJ/US\$)	9,6	10,8
Intensité Energétique (MJ/\$ppp)	7,5	7,4

Sources : [www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br), [www.woldbank.org](http://www.woldbank.org) et MME (2000).

Pour le calcul du vecteur, nous avons pris en compte la consommation énergétique, y compris la biomasse, et le PIB ppp. Selon le tableau ci-dessus, nous avons:

$$X(1994) = 7,5 \text{ MJ}/\$ppp$$

$$X(1999) = 7,4 \text{ MJ}/\$ppp$$

Les paramètres sont les suivants:

$$W = 10,64 \text{ MJ/US\$};$$

$$Y = 1,06 \text{ MJ/US\$}; \text{ et}$$

$$Z = 9,58 \text{ MJ/US\$}.$$

Le calcul du vecteur devient:

$$I(1994) = (7,5 - 1,06) / 9,58 = 0,672$$

$$I(1999) = (7,4 - 1,06) / 9,58 = 0,662$$

Malgré le fait de présenter une intensité énergétique relativement élevée, il faut se rappeler que la consommation d'électricité dans les ménages du Brésil est faible,

<sup>10</sup> Voir "The World Bank Atlas" et "2001 World Development Indicators".

l'électricité étant responsable de 64% de la consommation du secteur résidentiel<sup>11</sup>. Ce sont donc d'autres secteurs qui consomment de l'énergie.

En fait, l'industrie est le principal consommateur d'énergie au Brésil (86,3 Mtep), suivie des transports (47,5 Mtep). Le secteur résidentiel consomme 36,7 Mtep, les services 22,2 Mtep et l'agriculture 10,0 Mtep.

L'industrie au Brésil est devenue intensive en énergie depuis les années 1970 lorsque plusieurs entreprises se sont délocalisées des pays industrialisés à cause de l'augmentation du prix du pétrole. Il reste savoir quelle proportion de l'énergie consommée par l'industrie est ensuite transférée à l'étranger via l'exportation de produits intensifs en énergie, et quelle proportion reste dans le pays<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Le GPL et le bois contribuent chacun avec 17% de la consommation du secteur

<sup>12</sup> C'est un des sujets de thèse de doctorat au PPE/COPPE/UFRJ.

## ► Indicateur 8 : Déploiement des énergies renouvelables

Le Brésil a une structure énergétique assez propre grâce à la stratégie lancée lors des années 70, pour substituer aux énergies fossiles importées des énergies renouvelables telles que l'hydraulique et la biomasse. On estime qu'environ 60% de l'énergie primaire consommée au Brésil est renouvelable.

Néanmoins, on observe une dégradation de la structure énergétique pendant les années 90. Les politiques de changement structurel peuvent être à l'origine de cette tendance, comme on l'a déjà remarqué. On peut prendre comme exemple le secteur électrique, où il y a une augmentation forte des parts de ressources fossiles ces dernières années.

Le capital privé est un peu sceptique quant à la rentabilité de l'hydraulique en raison du risque lié à la longue durée de construction des barrages et les incertitudes sur l'évolution de l'économie. En plus, la technologie en question présente des spécificités qui ne sont pas toujours maîtrisées par les investisseurs à l'étranger. C'est pourquoi le secteur privé met en priorité la filière du gaz naturel.

Le tableau 10 montre que la part des combustibles fossiles pour la production d'électricité augmente de 3,9% en 1990 à 7,2% en 1999. Même si la part des énergies renouvelables reste très élevée, il faut faire attention au taux de croissance de consommation des combustibles fossiles pour la production d'électricité qui se situe à 12% par an pendant les années 90.

**Tableau 10 – Production d'Electricité (GWh)**

	1990		1999	
Hydraulique	206708	92,8%	292883	88,1%
Nucléaire	2237	1,0%	3977	1,2%
Combustibles Fossiles	8612	3,9%	23926	7,2%
Biomasse	3359	1,5%	7787	2,3%
Autres (thermiques)	1904	0,9%	3733	1,1%
Total	222820	100,0%	332306	100,0%

**Sources : MME (2000).**

Le bilan énergétique brésilien (MME, 2000) ne présente pas d'information précise sur les énergies nouvelles renouvelables (ENR). En fait, le système énergétique brésilien ne compte pas beaucoup sur ces sources.

Des études sur les ENR sont élaborées par le CEPEL, le centre de recherches de l'Eletrobras. Les principales sources étudiées sont la biomasse, les petites centrales hydrauliques (PCH), le solaire et l'éolien.

Les études sur le progrès technique vont au-delà des activités du CEPEL. Au sein même d'Eletrobras, le département d'efficacité énergétique (PROCEL) s'occupe des estimations sur la réduction de la consommation d'électricité due aux projets d'efficacité énergétique.

Le tableau 11 présente les informations de l'Eletrobras sur les ENR et sur l'efficacité énergétique. Ces informations ne sont pas compatibles avec celles du bilan énergétique (voir tableau 10): soit elles ne sont pas présentées (solaire), soit elles sont sous-estimées (éolien) dans les bilans.

**Tableau 11 – Production d'Électricité Propre en 1999**

	Puissance (MW)	Energie (GWh)
Efficacité énergétique <sup>a</sup>	440	1909
PCH	1462	6404
Solaire	3,8	7
Eolien	20	9
Total	1926	16115

<sup>a</sup> *Données relatives à 1998.*

**Sources :** [www.eletrabras.gov.br/procel](http://www.eletrabras.gov.br/procel) (Relatório Síntese dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica : 1998/1999), [www.cepel.br](http://www.cepel.br) et [www.cerpch.efei.br](http://www.cerpch.efei.br).

La comparaison des résultats des tableaux 10 et 11 montre que les ENR et l'efficacité énergétique ne représentent que 5% de la production de l'électricité. Pour le calcul de l'indicateur 8, nous avons pris les données du bilan énergétique sur la consommation d'énergie primaire. Les valeurs en Tep sont présentées dans le tableau 12.

**Tableau 12 – Consommation d'Énergie Primaire (kTep)**

	1990		1999	
Pétrole	59264	32,7%	79759	33,6%
Gaz Naturel	4230	2,3%	11860	5,0%
Charbon	9533	5,3%	11739	4,9%
Nucléaire	0	0,0%	192	0,1%
Hydraulique	59945	33,1%	84936	35,8%
Biomasse	46117	25,5%	45223	19,0%
Autres	2104	1,2%	3755	1,6%
Total	181193	100,0%	237464	100,0%

**Sources :** *MME (2000).*

Le calcul de l'indicateur 8 est fait à partir des informations du tableau 12. Nous avons considéré l'hydraulique, la biomasse les autres sources primaires<sup>13</sup> comme étant renouvelables. Il faut noter qu'une partie de la biomasse n'est pas renouvelable. Mais si on suppose que cette partie était plus importante en 1990 qu'en 1999, la prise en compte de ce biais dans le calcul améliorerait l'évolution de l'indicateur 8.

A partir des données du tableau 12, on vérifie la forte pénétration du gaz naturel dans la structure énergétique brésilienne. Le taux moyen de croissance est de 12% par an. En sens contraire, on observe une chute de la consommation de biomasse, notamment du bois de feu qui présente une chute de 25% de la consommation en Tep entre 1990 et 1999.

Les valeurs utilisées dans le calcul de l'indicateur 8, c'est-à-dire le rapport entre la consommation d'énergie renouvelable et la consommation totale d'énergie primaire, sont les suivantes:

$$X(1990) = 59,7\%$$

<sup>13</sup> La plupart de cette valeur correspond à des sources renouvelables telle que le "black liquor".



$$X(1999) = 56,4\%$$

Les paramètres pour le calcul sont:

$$W = 8,64\%$$

$$Y = 95\%; \text{ et}$$

$$Z = 8,64\% - 95\% = -0,8636.$$

Les valeurs des vecteurs sont:

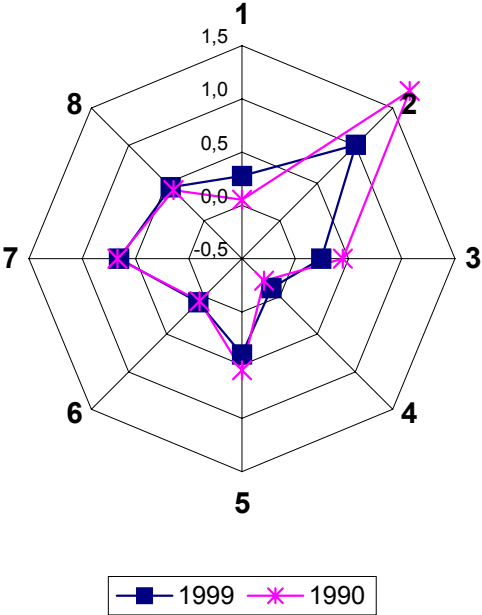
$$I(1990) = (0,597 - 0,95) / -0,8636 = 0,447$$

$$I(1999) = (0,564 - 0,95) / -0,8636 = 0,409$$

Malgré le fait que la structure énergétique au Brésil est assez propre, on observe une réduction importante du déploiement des énergies renouvelables. Encore une fois, il faut faire attention aux distorsions du marché énergétique de façon à éviter que des sources renouvelables soient défavorisées dans un marché compétitif, où les critères d'efficacité économique s'imposent.

# L'Etoile pour le Brésil

Représentation des huit indicateurs de viabilité



## Références

- AIE** (Agence Internationale de l'Énergie), Bilans Energétiques des Pays de l'OCDE, Paris, 1992.
- BNDES**, "O Setor Elétrico – Desempenho 93/99", Informe Infra-Estrutura, no. 53, décembre, 2000, ([www.bndes.gov.br](http://www.bndes.gov.br)).
- BOSSEL**, Hartmut, "Indicators for Sustainable Development: Theory, Methods, Applications", a report to the Balaton Group, IISD, 1999.
- CETESB**, "Relatório Anual de Qualidade do Ar - 1999", São Paulo, 2000.
- COSTA**, Ricardo, "Présentation des huit indicateurs retenus dans le cadre de l'Observatoire de la Viabilité Énergétique", in: Atelier sur les Methodologies de l'Observatoire de la Viabilité Énergétique, Ouagadougou, Burkina Faso, septembre, 2001.
- COSTA**, Ricardo, "Les Methodes et Techniques d'Élaboration des indicateurs retenus dans le cadre de l'Observatoire", in: Atelier sur les Methodologies de l'Observatoire de la Viabilité Énergétique, Ouagadougou, Burkina Faso, septembre, 2001.
- CSD** (Sustainable Development Commission), "Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies", ([www.un.org/esa/sustdev/isd.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/isd.htm)).
- MEADOWS**, Donella, "Indicators and Information Systems for Sustainable Development", a report to the Balaton Group, The Sustainability Institute, 1998.
- MME** (Ministère des Mines et Energie), "Balanço Energético Nacional", 2000.
- MCT** (Ministère de la Science et de la Technologie, "Relatório das Emissões de Carbono Derivadas do Sistema Energético - Abordagem *Top-Down*", 2001, [http://www.mct.gov.br/clima/comunic\\_old/tdown.htm](http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/tdown.htm).
- PETROBRAS**, "Relatório Anual 1999", ([www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br)).
- PROCEL**, "Relatório Síntese dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica ciclo 1998/99", Rio de Janeiro, octobre, 1999.
- Swedish Environmental Protection Agency**, Sustainable Development Indicators for Sweden – a first set 2001, Stockholm, 2001.
- THORNE**, Steve e LA ROVERE, Emilio, "Criteria and indicators for appraising Clean Development Mechanism (CDM) Projects", Helio International, Paris, 1999.