

Énergie et écodéveloppement en Brésil



Rapport établi par :
Ricardo Cunha da Costa

Email :
cunha@ppe.ufrj.br

Synthèse du rapport

Dans un contexte de prix élevés du pétrole, on observe la reprise des sources renouvelables d'énergie dans le bilan énergétique brésilien. Le Brésil offre des possibilités de production d'énergies propres, étant donnée la disponibilité de cours d'eau, de terres arables non utilisées, de vent et d'un bon ensoleillement.

Note préliminaire

Le Brésil est un pays de dimension continentale, avec 8,5 millions de kilomètres carrés. Il est le plus grand pays de l'Amérique du Sud et le seul du continent de langue portugaise.

Pour calculer les indicateurs, l'année de départ choisie est 1990. Pour l'année en cours, on a cherché les données les disponibles plus récentes. Toutefois, des difficultés ont été rencontrées lors de la récolte de certaines données. La plupart des données sont disponibles pour l'année 2004, à l'exception des données sur les polluants locaux.

L'information la plus difficile à trouver concerne les investissements en énergies renouvelables. On a fait des estimations en fonctions des investissements d'Eletrobrás, Petrobras, ainsi que des estimations d'investissements dans les énergies renouvelables du Programme National pour les Sources Renouvelables (PROINFA).

Auteur

Le rapport sur le Brésil a été préparé par Ricardo Cunha da Costa, chercheur associé au Département de Prospective Energétique (Programa de Planejamento Energético – PPE) de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ). Ses travaux dans le domaine de la prospective énergétique débutent en 1993 sur les choix énergétiques pour le secteur sidérurgique et ensuite sur l'efficacité énergétique. Entre 1995 et 1999, il prépare en France son doctorat sur les stratégies de développement durable du secteur énergétique, prenant en compte la question du changement climatique. Après avoir fini sa thèse, il rentre au Brésil et reste au PPE/UFRJ presque trois ans, conduisant sa recherche sur la modélisation, sur la prospective énergétique et sur le changement climatique. Depuis octobre 2002, il travaille à la Banque Nationale de Développement au Brésil comme fonctionnaire au département de l'énergie.

Ce rapport est le deuxième que M. Cunha da Costa destine en tant qu'observateur du secteur énergétique brésilien à HELIO International. Après quatre ans de recherches, la méthodologie a été améliorée. L'expérience passée a également aidé à préparer ce rapport

Table des matières

Synthèse du rapport	1
Note préliminaire	2
Sommaire	4
Présentation générale du Brésil	5
Tableau 1 : Population brésilienne (en milliers)	5
Tableau 2 : Indicateurs énergétiques et économiques	6
Tableau 3 : Indicateurs sociaux et environnementaux	6
Aperçu de la stratégie d'écodeveloppement du Brésil	7
Autres développements liés à l'énergie	8
Tableau 4 : Bilan énergétique brésilien	9
Viabilité environnementale	14
Indicateur 1 : Les émissions de CO ₂ du secteur énergétique par habitant ...	14
Tableau 5 : Coefficients d'émission (GgC/Tep) et émissions de CO ₂ (GgC)	14
Indicateur 2 : Le polluant local	15
Tableau 6 : Niveaux d'émission des polluants locaux (kt)	16
Viabilité sociale	18
Indicateur 3 : Accès fiable à l'électricité	18
Indicateur 4 : Investissements dans les énergies propres	19
Tableau 7 : Nombre d'emplois	19
Viabilité économique	21
Indicateur 5 : Vulnérabilité énergétique	21
Indicateur 6 : L'importance du secteur public dans les investissements énergétiques	22
Viabilité technologique	24
Indicateur 7 : Intensité énergétique	24
Tableau 8 : Données pour le calcul de l'intensité énergétique	24
Indicateur 8 : Déploiement des énergies renouvelables	25
Présentation de l'étoile du Brésil	27
Valeurs des indicateurs	27
L'Etoile	28
Conclusions et recommandations	29
Bibliographie	30

Sommaire

Ce rapport présente les huit indicateurs de viabilité proposés par l'Observatoire de Viabilité Énergétique (EVE). C'est la deuxième fois que ce type de travail est réalisé au Brésil. Les valeurs des vecteurs sont présentées sur un graphique nommé "étoile" pour l'année de base (1990) et l'année en cours (2004).

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 traitent des aspects technologiques.

Lorsque la valeur du vecteur est égale à zéro, cela signale un niveau viable de développement. La valeur du vecteur égale à un représente le "statu 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 peu souhaitable pour l'indicateur en question. Les vecteurs peuvent dépasser la valeur « un » ou assumer des valeurs négatives signalant un progrès.

Dans le cas du Brésil, il n'y a que deux indicateurs qui dépassent la valeur « un ». Le premier est le "polluant local", mesuré par les émissions des secteurs électrique et du transport. Malgré le fait que la plupart de l'électricité produite au Brésil est d'origine hydraulique, il y a eu une augmentation des émissions par rapport à 1990, due à la construction de centrales thermiques. Le deuxième indicateur est "l'intensité énergétique" dont la valeur de l'indicateur est supérieure à la moyenne mondiale si elle est calculée en dollars. Néanmoins, si l'intensité énergétique est calculée avec le PIB à parité de pouvoir d'achat, la valeur de l'indicateur est inférieure à l'unité.

En ce qui concerne l'évolution des huit indicateurs entre 1990 et 2004, on constate une augmentation des valeurs des indicateurs 1, 7 et 8. Les augmentations des valeurs des indicateurs 1 et 8 ont les mêmes causes, c'est-à-dire l'augmentation de la part des énergies fossiles dans le bilan énergétique (indicateur 8), ce qui affecte les émissions de CO₂ (indicateur 1). L'augmentation de la valeur de l'indicateur 7, l'intensité énergétique, est due non seulement au développement de l'infrastructure, mais également au poids relatif des industries grosses consommatrices d'énergie dans l'économie.

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

Les autres indicateurs présentent des évolutions vers la valeur zéro. Nous pourrions conclure à partir des analyses sur les huit indicateurs calculés dans ce rapport que le Brésil présente un niveau élevé de viabilité, grâce à la part assez importante des énergies propres dans le bilan énergétique.

Présentation générale du Brésil

En 1940, la population brésilienne était d'environ 41 millions, avec presque 69% en milieu rural. Soixante quatre ans plus tard, en 2004, 83% des 182 millions d'habitants habitent 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 milliers)

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
2004	151124	83%	30936	17%	182060

Source : 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 moyen 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%, alors que ce taux était de 3% dans les années 50.

La densité démographique du pays est faible, puisqu'une grande partie des terres au Brésil n'est pas occupée, soit parce qu'il y a une grande superficie de forêt, soit parce qu'il n'y a pas d'infrastructures fiables pour exploiter les terres. En termes de terres propres pour l'agriculture hors forêts, par exemple, le Brésil possède 140 millions d'hectares, mais la production agricole occupe environ 50 millions ha. La production de canne à sucre utilise 5 millions ha, dont la moitié pour la production d'éthanol.

Le tableau 2 présente des variables clés pour la consommation énergétique jusqu'en 2004, puisque les données du bilan énergétique pour 2005 ne sont pas encore disponibles.

Tableau 2 : Indicateurs énergétiques et économiques

	1990	2000	2004
Population (millions)	144	170	182
PIB (milliards de US\$ de 2004)	427	555	605
Consommation énergétique (Mtep)	142	190	213
PIB/cap (US\$/cap)	2967	3274	3322
Energie/cap (tep/cap)	985	1123	1172
Energie/PIB (tep/103 US\$)	332	343	353

Sources : IBGE, IPEA et MME.

Le PIB per capita est de 7 à 10 fois moins important que celui des pays de l'OCDE. L'intensité énergétique est élevée non seulement en raison du développement de l'infrastructure, mais aussi à cause du poids relatif des industries grosses consommatrices d'énergie dans l'économie et de la demande élevée des transports dans un pays de dimension continentale. C'est pourquoi la consommation a augmenté plus rapidement que le PIB.

Les plus graves problèmes au Brésil sont certainement les problèmes sociaux. Le gouvernement a développé un nombre de politiques publiques pour réduire les disparités sociales depuis longtemps, mais ce n'est que depuis les dernières années que l'inégalité a été réduite de façon plus accentuée. En 2004, 25% de la population vivait en dessous du seuil de pauvreté, avec un revenu inférieur à 115 Reais (R\$), alors qu'en 1992 le pourcentage était de 36%. La pauvreté se réduit depuis 1992 à un taux moyen de 2,86% par an. Pour atteindre les objectifs du millénaire pour le développement des Nations unies, il faut soutenir un taux d'amélioration de 2,7% par an jusqu'en 2015 (FGV, 2005). La mortalité infantile a été de 3,3% en 2003, tandis qu'en 1994 elle était de 4,8%. Le taux des illettrés (adultes de plus de 15 ans) est d'environ 11,6%. D'autres indicateurs sociaux et environnementaux sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Indicateurs sociaux et environnementaux

Indicateur	Année	Rang	Valeur
Index de développement humain	2003	65	0.792
Index de pauvreté	2003	20	10.3
Index de viabilité écologique	2005	11	62.2
Emissions de CO2 dues à l'énergie (million de tonnes métriques)	2003		302.85

Sources: UNDP ("Human Development Report"), YCELP/CIESIN et IEA.

Aperçu de la stratégie d'écodéveloppement du Brésil

Les stratégies d'écodéveloppement sont plutôt élaborées ou coordonnées par le Ministère de l'Environnement. Ces stratégies ont en quelque sorte un rapport avec des actions menées au niveau international, telles que l'Agenda 21 ou les Objectifs du Millénaire pour le développement des Nations unies.

Pour répondre aux questions posées par l'Agenda 21, le gouvernement a créé la Commission des Politiques de Développement viable et de l'Agenda 21 Brésilienne (CPDS). La Commission a coordonné l'élaboration de l'Agenda 21 brésilien.

Dans un deuxième temps, l'Agenda a été amené à la condition de Plan Pluriannuel du Gouvernement (PPA 2004-2007) dont l'objectif est de traiter les problèmes structureaux plus étendus. Le gouvernement a compris qu'il y fallait renforcer le pouvoir politique en s'approchant de la société et en mettant en valeur la gouvernance, la coopération, la participation, la transparence et l'intégration.

Deux autres actions ont été amenées de façon à mettre en place le PPA: la formation des Agendas 21 locaux dans plus de 500 localités et la formation continue des agents locaux, c'est-à-dire de 10 milles enseignants des lycées publics, ainsi que l'élaboration de programmes de T.V. destinés non seulement aux enseignants, mais aussi aux autorités locales et aux ONG's locales. Plusieurs ateliers ont été réalisés, ainsi que des publications. Six éditions de la série Cahiers de Débat Agenda 21 et Viabilité ("Série Cadernos de Debate Agenda 21 e Sustentabilidade") ont été publiées : "Agenda 21 e a Sustentabilidade das Cidades"; "Agenda 21: Um Novo Modelo de Civilização"; "Uma Nova Agenda para a Amazônia"; "Mata Atlântica o Futuro é Agora"; "Agenda 21 e o Setor Mineral"; "Agenda 21, o Semi-Árido e a Luta contra a Desertificação".

Un autre compromis assumé au niveau international a été l'élaboration du Plan des Ressources Hydrauliques, étant donné le rôle joué par ces ressources pour la génération d'énergie et l'économie brésilienne. Lancé en 2006, le Plan des Ressources Hydrauliques brésilien est le premier publié en Amérique latine. Son objectif est de garantir l'utilisation rationnelle des ressources hydrauliques jusqu'en 2020.

En ce qui concerne les émissions atmosphériques, le gouvernement a préparé en 1986 une réglementation pour les véhicules, la plus importante source d'émissions dans le milieu urbain. Le Programme de Contrôle de la Pollution de l'Air par les Véhicules (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE) a atteint des résultats importants.

D'abord, l'industrie automobile a développé des systèmes d'injection de combustibles et d'échappement plus efficaces pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de polluants. En suite, les raffineries ont été obligées

d'améliorer la qualité de leurs combustibles, soit par la substitution du plomb dans l'essence par l'éthanol, soit par la réduction du soufre dans le gasoil, soit par la réduction de particules émises par la combustion de gasoil. En ce moment, les raffineries sont en cours de modernisation pour produire un gasoil de meilleure qualité, avec l'objectif est de réduire les émissions de particules de 500 ppm à 50 ppm.

Le PROCONVE a pour but contrôler quatre différents polluants : CO, HC, NOx et CHO. Les résultats sont surprenants, lorsque l'on compare les émissions au début des années 1980 et 2004. Pour les voitures à essence, les émissions de CO sont réduites de 99%, HC de 95%, NOx de 94% et CHO de 92%.

Autres développements liés à l'énergie

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 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. Pendant les années 90, avec le prix de pétrole en baisse, les efforts pour l'augmentation de la production domestique de pétrole ont été réduits, mais depuis 2000, la tendance du prix du pétrole est à la hausse et la stratégie de remplacement des importations est reprise. La fin de la dépendance du pétrole est prévue pour 2006, la plupart de la production s'effectuant sur le littoral (en offshore).

Les énergies renouvelables furent également des variables clés pour l'économie brésilienne afin de réduire les dépenses à l'étranger sous la pression 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 (92%). La deuxième est l'éthanol produit à partir de la canne à sucre et 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 15 milliards de litres par an en 1997, avec une partie destinée à la consommation de voitures à éthanol, et l'autre partie à la production de "gasoalcool".¹

¹ Les voitures à essence roulent avec ce type de combustible, un mélange d'essence (75%) et d'éthanol (25%).

Tableau 4 : Bilan énergétique brésilien

	1990		1994		2000		2004	
	Mtep ^a	%	Mtep ^a	%	Mtep ^a	%	Mtep ^a	%
Pétrole	57749	41%	66692	42%	86582	45%	83381	39%
Gaz Naturel	4337	3%	5128	3%	10256	5%	18982	9%
Charbon	9555	7%	11304	7%	13557	7%	14225	7%
Nucléaire	598	0%	43	0%	1806	1%	3170	1%
Total non-renouvelable					11220		11975	56%
renouvelable	72238	51%	83166	53%	0	59%	7	
Hydroélectricité	20051	14%	23595	15%	29980	16%	30804	14%
Bois b	28537	20%	24854	16%	23060	12%	28193	13%
Éthanol et Bagasse	18988	13%	22669	14%	20761	11%	28756	13%
Autres	2126	1%	3004	2%	4439	2%	5860	3%
Total renouvelables	69702	49%	74122	47%	78239	41%	93613	44%
	14194		15728		19044		21337	100%
Total	0	100%	8	100%	0	100%	0	

a Pour l'électricité, 1MWh = 0,086 Mtep.

b Y compris la production non renouvelable.

Source : MME (2005).

Il faut également souligner que le bois a toujours joué un rôle important dans l'industrie pendant 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.

Si la consommation de dérivés du pétrole a été en hausse pendant les années 90, elle a perdu de sa force depuis 2000. Entre 2000 et 2004, la consommation de dérivé du pétrole a baissé de 3%. Une partie de la consommation de dérivés du pétrole a été remplacée par le gaz naturel.

L'idée du gouvernement pendant les années 1990 a été d'augmenter la part du gaz dans la matrice énergétique au niveau de 12% en 2010. Comme le pays n'avait pas assez des gisements, la première des actions envisagées a été de construire en 1999 un gazoduc de 3.150 km pour amener le gaz de Bolivie. La part du gaz a augmenté de 5% en 2000 à 9% en 2004. La moitié du gaz consommé au Brésil est importé en majorité de Bolivie.

L'infrastructure du gaz est encore peu développée. Dans un pays de dimension continentale, le réseau de transport est de 8.500 km tandis qu'en Argentine, un pays beaucoup plus petit, le réseau est plus grand (environ 13.000 km). En Amazonie, il y a une grande production de gaz, mais le combustible est réinjecté parce qu'il n'y a pas de réseau dans la région. Dans la région du nord-est, l'offre de gaz est restreinte et le réseau n'est pas encore connecté au réseau du sud-est.

En ce qui concerne la distribution du gaz, le réseau est d'environ 13.000 km. Les gazoducs de distribution devraient être beaucoup plus étendus que ceux du transport comme on l'observe dans les pays où le marché du gaz est

développé. Les réseaux de distribution sont très concentrés, puisque 75% des réseaux de distribution se trouvent dans les Etats de São Paulo et de Rio de Janeiro.

On peut conclure que le Brésil a réussi à remplacer les énergies traditionnelles comme le bois pendant la deuxième moitié du siècle dernier, a augmenté de façon considérable la consommation énergétique pendant cette période et a adopté une stratégie plutôt de sécurité énergétique que d'éveloppement viable du secteur énergétique. En fait, la viabilité énergétique a été assurée grâce aux ressources énergétiques renouvelables disponibles, ce qui a joué un rôle assez efficace, mais involontaire, pour éviter les émissions de CO2.

Les années 1990 se caractérisent par la réduction de l'intervention publique dans le secteur énergétique. La privatisation du secteur électrique a commencé par les entreprises de distribution en 1995. Dans le secteur du pétrole, la Loi du Pétrole met à fin au monopole de la Petrobras en 1997. Dans un contexte de moindre intervention publique et de bas prix du pétrole, les parts des énergies renouvelables se réduisent pendant les années 90 (voir tableau 4).

À cette époque, la réglementation du secteur électrique n'a pas été assez développée pour assurer aux investisseurs privés le taux de rentabilité demandé. Comme résultat, les taux d'investissement dans le secteur électrique baissent, ce qui amène à un rationnement d'électricité entre 2001 et 2002.

À partir de 2003, le nouveau gouvernement a décidé de réglementer le secteur électrique, en obligeant tous les distributeurs d'électricité à acheter une quantité d'électricité pour le marché captif par le moyen de ventes aux enchères auprès des producteurs. Les usines déjà en opération vendent leur production séparément des nouvelles usines pour assurer un bas prix de l'énergie. Les nouvelles usines ne sont autorisées à mettre en vente leur production que lorsque les licences environnementales sont délivrées.

La première vente aux enchères d'énergie nouvelle (livraison à partir de 2008) a eu lieu le 16 décembre 2005. Sur les 17 usines hydrauliques prévues pour y participer, il n'y en a eu que 7 qui ont obtenu les licences environnementales. Le prix de référence des usines hydrauliques a été considéré trop bas par d'importants investisseurs privés pour les intéresser. Cela a laissé la place aux entreprises publiques.

Comme l'offre d'usines hydrauliques a été inférieure à la prévision initiale, davantage d'usines thermoélectriques (gaz, fioul, charbon et biomasse) ont pu participer à l'offre publique, à un prix supérieur à celui de l'hydraulique. On peut affirmer que l'essentiel de l'approvisionnement de la demande pour les années 2008, 2009 et 2010 a été assuré, en tenant compte du fait que le prix de l'énergie nouvelle a été plus élevé que prévu.

À ce niveau de prix, le débat sur la construction de la troisième usine nucléaire a été mis à l'ordre du jour, ainsi que d'autres usines à charbon, et même par

l'appel à des importations de charbon, puisque le charbon national est de faible qualité, avec un contenu de cendres d'au moins 50%. Voilà ce qui occasionnerait une plus grande contrainte environnementale reportée sur le secteur hydroélectrique dans un contexte de besoin croissant d'énergie.

Dans le secteur du pétrole, la Petrobras a toujours le monopole. D'autres entreprises ont plutôt préféré s'associer à la Petrobras pour l'exploration que d'entrer en compétition avec elle pour les champs de production. Depuis 1998, chaque année l'Agence Nationale de Pétrole, Gaz et Biocombustibles (ANP) met aux enchères les champs de production. L'année dernière a été consacrée au gaz naturel et un nombre record d'entreprises y ont participé.

Bien que le gaz ait été mis à l'écart dans la Loi du Pétrole de 1997, l'intérêt pour ce combustible est en hausse. Le sujet est si polémique que le gouvernement et l'opposition sont en train de préparer et de discuter deux projets différents sur la Loi du Gaz.

Il est vrai que la Petrobras a un pouvoir très important sur le marché du gaz et du pétrole, mais il faudra un peu de temps pour que d'autres agents participent à la chaîne de production. Les investissements de la Petrobras ont été assez ambitieux depuis longtemps, ce qui a amené le pays d'une position de forte dépendance vis-à-vis du pétrole dans les années 70 (85% d'importation de pétrole) à une position assez confortable aujourd'hui. L'autosuffisance en pétrole au Brésil sera atteinte en 2006.

En terme d'énergie renouvelable, le gouvernement a déclenché deux programmes, PROINFA et BIODIESEL, en 2003 et 2004, respectivement. Le premier a pour but d'offrir, à partir de décembre 2006, 3.300 MW c'est-à-dire environ 5% de la capacité installée en 2002. Les sources élues ont été : biomasse, éolien et hydraulique à petite échelle (moins de 30 MW).

Le gouvernement a offert un contrat de 20 ans à prix fixe avec priorité opérationnelle à ces nouvelles sources d'énergie, ainsi qu'un financement de 80% de l'investissement. Le prix différencié par source (93 R\$/MWh – bagasse, 117 R\$/MWh – hydraulique et vers 200 R\$/MWh – éolien) n'a pas motivé les producteurs de canne à sucre. L'offre (650 MW contractés) a été en dessous du quota (1.100 MW). Le manque d'intérêt des producteurs de canne à sucre a laissé la place aux usines éoliennes (1400 MW) et hydrauliques (1250 MW) plus chères.

L'indice de nationalisation des équipements demandé est de 60%, mais il n'y a qu'un producteur d'aérogénérateurs au Brésil. D'autres fabricants ont été intéressés par le PROINFA, mais la taille du programme (1.100 MW), la brève période pour produire les équipements et les installer (jusqu'à décembre 2006) et l'incertitude sur une deuxième phase du PROINFA ont découragé les autres fabricants. Comme résultat, le coût d'installation a grimpé de 30% et le délai a été prolongé de 2 ans (décembre 2008). Il est probable que le programme ne

réalisera pas les 1400 MW, puisque les tarifs n'ont pas été corrigés par l'augmentation du prix d'installation.

L'autre problème du PROINFA découle du fait que les producteurs d'électricité à bagasse ont eu un meilleur prix lorsqu'ils ont vendu leur production dans les ventes aux enchères. En d'autres mots, les prix du marché ont été meilleurs que les prix d'un programme qui devrait être conçu pour promouvoir les énergies renouvelables.

Le programme du Biodiesel a été réglementé en janvier 2005, lorsque le mélange (blend) de 2% de biodiesel au diesel a été autorisé. Le blend à 2% ne sera pas obligatoire pour les 3 ans à venir, mais le deviendra à partir de janvier 2008, date à laquelle on pourra utiliser un blend de 5%, qui à son tour deviendra obligatoire à partir de 2013.

On estime à au moins 800 millions de litres de biodiesel la production en 2008. Dans l'état actuel, le biodiesel est plus cher que le diesel et il y a eu peu d'intérêt chez les producteurs l'année dernière. C'est pourquoi l'ANP a réalisé une vente aux enchères pour acheter 70 millions de litres. La plupart de la production a été achetée par la Petrobras à un prix variant entre R\$ 1,86 et R\$1,92 le litre, hors taxes. Pour 2006, l'ANP va mettre aux enchères 630 millions de litres en deux fois, dont la livraison est prévue pour la période de juillet 2006 à décembre 2007. De cette façon, le gouvernement essaie d'assurer une capacité de production minimale pour répondre aux obligations au niveau de 2% biodiesel dans le blend à partir de 2008.

Il y a des incitations pour les petits producteurs. Les producteurs de biodiesel qui achètent une quantité minimale aux petits producteurs agricoles ont une réduction ou exemption fiscale des impôts fédéraux et de meilleures conditions de crédit. C'est un programme pour lequel le gouvernement compte embaucher un nombre considérable de gens, de les fixer à la campagne et de générer un revenu additionnel pour le milieu rural. Le Ministère du Développement Agricole estime que 100 000 familles seront équipées d'ici à fin 2006 pour la production d'oléagineux. Ce chiffre s'élève à 250 000 familles en 2007.

Ces dernières années, l'agrobusiness a présenté des résultats surprenants. La production de sucre et éthanol ne cesse d'augmenter. Le prix du sucre a atteint des niveaux jamais vus, négocié à plus de 18 cents US la livre à la bourse tandis que les prix ne dépassaient pas le niveau de 12-13 cents US la livre. Cela a eu un impact sur le prix de l'éthanol.

Les perspectives d'exportation d'éthanol sont également très favorables, surtout depuis la ratification du Protocole de Kyoto. En 2004, le pays a exporté 2,5 milliards de litres et des investisseurs étrangers sont intéressés par de nouvelles usines d'éthanol et par des projets d'amélioration de l'infrastructure des transports pour l'exportation d'éthanol. En ce moment, il y a une

cinquantaine d'usines en construction et l'association des producteurs de São Paulo (UNICA) prévoit 90 nouvelles usines d'ici 2010.

Pour le marché domestique, les fabricants d'automobiles ont offert en 2003 des véhicules flex-fuel, utilisant n'importe quel pourcentage d'éthanol ou essence. Les ventes ont augmenté énormément et atteignent aujourd'hui le niveau de 70% du total des voitures neuves. Le parc est encore petit (2%), mais cela a accentué la demande d'éthanol. La production d'éthanol en 2005 (17 milliards de litres) a dépassé la production record de 1997 (16 milliards de litres).

Le gaz naturel est un autre combustible qui remplace un peu d'essence. Le Brésil a le deuxième parc de voitures qui roulent au gaz, avec plus d'un million de voitures. La consommation de gaz naturel véhiculaire augmente à des taux encore très élevés.

En ce qui concerne l'électrification rurale, le gouvernement a préparé un programme de généralisation de l'approvisionnement en énergie électrique en 2004, appelé « Luz Para Todos » (Lumière pour Tous). Ce programme prévoit ramener à un délai de 7 ans cette généralisation. Il est prévu brancher 12 millions d'habitants jusqu'à 2008, surtout en milieu rural. C'est un programme qui concerne l'indicateur 3, qui sera présenté plus tard.

Viabilité environnementale

Indicateur 1 : Les émissions de CO2 du secteur énergétique par habitant

L'inventaire des émissions de CO2 d'origine énergétique est disponible sur le site web du Ministère de la Science et de la Technologie au Brésil – MCT (www.mct.gov.br/clima). Les informations concernent la période de 1990 à 1994.

Les données sur les émissions de CO2 en 2004 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 CO2 en 2004 résultent de la multiplication des coefficients d'émission en 1994 par la consommation domestique² de chaque énergie en 2004. Le tableau 5 présente ces informations.

Tableau 5 : Coefficients d'émission (GgC/Tep) et émissions de CO2 (GgC)

Sources	Emissions de CO2 (1990)	Emissions de CO2 (1994)	Coefficients d'émission	Emissions de CO2 (2004)
Pétrole brut	50406	52574	0,86268	74133
Essence	-1420	-1702	0,80359	-1197
Kérosène	-465	-239	0,92636	-925
Diesel	279	1538	0,85922	1018
Fioul	-1595	113	0,89683	-8107
GPL	1000	1388	0,73168	896
Autres fossiles	-5332	-4031	--	-2933
Charbon	10267	11030	1,08615	13725
Coke	-35	1256	1,30426	1859
Gaz naturel	1889	2266	0,45320	8388
Autres primaires	174	161	0,05426	314
Total	55168	64354		87171

Source : www.mct.gov.br.

Les émissions par habitant en 1990 et en 2004 ont été aisément calculées en divisant les émissions totales par la population (voir Tableau 1). On a trouvé les suivantes émissions per capita en 1990 et 2004 :

X(1990) = 383 kgC/capita (les émissions de CO2 par habitant en 1990);

X(2004) = 524 kgC/capita (les émissions de CO2 par habitant en 2004);

Les valeurs des paramètres pour l'indicateur 1 sont :

W = 1130 kgC/capita;

Y = 339 kgC/capita; et

² Production plus importation moins exportation moins consommation non énergétique.

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

Les valeurs des vecteurs sont estimées à :

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

$$I(2004) = (524 - 339) / 791 = 0,234$$

On constate que le Brésil présente un niveau d'émissions de CO₂ bien en dessous de la moyenne mondiale en 1990. Les valeurs des indicateurs sont très proches de zéro. Le degré élevé de viabilité en termes d'émission de CO₂ s'explique par le fait que le pays a adopté, pendant la période de crise du pétrole, le chemin pour la substitution des sources fossiles importées par les sources nationales.

Malgré les efforts pour stimuler la pénétration des sources renouvelables pendant les années 70 et 80, il y a eu une rupture de cette trajectoire pendant les années 90, puisqu'il a eu une augmentation des parts des énergies fossiles dans le bilan énergétique brésilien.

Pendant les années 2000, il y a eu une baisse de la consommation de produits dérivés du pétrole, mais une hausse de la consommation de gaz naturel. La consommation de gaz naturel a augmenté à un taux moyen de presque 20% par an. Ce taux doit baisser dans l'avenir parce que des mécanismes d'incitation comme la réduction de prix pour le gaz bolivien vient d'être éliminée.

Dans un contexte où le prix du pétrole est élevé, il est probable que les énergies renouvelables augmentent leur poids dans la matrice énergétique, puisque le potentiel non utilisé de ressources en énergies renouvelables est encore important.

Indicateur 2 : Le polluant local

Les données sur la pollution locale observée par les agences environnementales sont très limitées au Brésil. Les informations ne se trouvent que dans quelques grandes villes. C'est pourquoi on a trouvé qu'il vaut mieux estimer les émissions de polluants locaux par la consommation énergétique des secteurs. Dans le cas du Brésil, le secteur transport est le responsable majeur des émissions de polluants locaux. Pour le moment, les estimations disponibles vont jusqu'à l'année 2000.

Tableau 6 : Niveaux d'émission des polluants locaux (kt)

	Émissions totales	Génération d'électricité	Transport
1990			
SO2	2.166	177	634
NOx	1.587	76	942
CO	15.126	71	5
2000			
SO2	2.695	453	207
NOx	2.376	217	1.357
CO	16.317	147	7

Source : SZKLO (non disponible)

Lorsque l'on a plusieurs paramètres pour calculer l'indicateur 2, le "Guide pour les Observateurs-Reporters" propose, pour le moment, que l'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.

On a décidé d'estimer les émissions dues à la génération d'électricité et aux transports. Les indicateurs intermédiaires SO2, NOx et CO sont calculés d'abord et ensuite la moyenne de ces indicateurs est estimée (l'indicateur composite).

a) Calcul de l'indicateur SO2

$$X(1990) = 811 \text{ kt};$$

$$X(2000) = 660 \text{ kt};$$

Les valeurs des paramètres :

$$W = 811 \text{ kt};$$

$$Y = 81,1 \text{ kt}; \text{ et}$$

$$Z = 729,9 \text{ kt}.$$

Les valeurs des vecteurs sont estimées à :

$$I(1990) = (811 - 81,1) / 729,9 = 1,000$$

$$I(2000) = (660 - 81,1) / 729,9 = 0,793$$

b) Calcul de l'indicateur NOx

$$X(1990) = 1.018 \text{ kt};$$

$$X(2000) = 1.574 \text{ kt};$$

Les valeurs des paramètres :

$$W = 1.018 \text{ kt};$$

$$Y = 101,8 \text{ kt}; \text{ et}$$

$$Z = 916,2 \text{ kt}.$$

Les valeurs des vecteurs sont estimées à :

$$I(1990) = (1.018 - 101,8) / 916,2 = 1,000$$

$$I(2000) = (1.574 - 101,8) / 916,2 = 1,607$$

c) Calcul de l'indicateur CO :

$$X(1990) = 76 \text{ kt};$$

$$X(2000) = 154 \text{ kt};$$

Les valeurs des paramètres :

$$W = 76 \text{ kt};$$

$$Y = 7,6 \text{ kt}; \text{ et}$$

$$Z = 68,1 \text{ kt}.$$

Les valeurs des vecteurs sont estimées à :

$$I(1990) = (76 - 7,6) / 68,1 = 1,000$$

$$I(2000) = (154 - 7,6) / 68,1 = 2,147$$

d) Calcul de l'indicateur composite (moyenne des indicateurs SO₂, NO_x et CO)

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

$$I(1990) = (1,000 + 1,000 + 1,000) / 3 = 1,000.$$

$$I(2000) = (0,793 + 1,607 + 2,147) / 3 = 1,516.$$

Il est raisonnable de supposer que les émissions locales augmentent au cours du temps dans un pays en voie de développement, puisque la consommation énergétique croît de façon intense, le nombre de voitures augmente et l'industrie se développe. C'est pourquoi on ne peut pas affirmer que les niveaux d'émissions sont ou ne sont pas acceptables.

Viabilité sociale

Indicateur 3 : Accès fiable à l'électricité

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 liés au réseau électrique (www.ibge.gov.br). L'échantillon de la PNAD est découpé en domiciles urbains et ruraux.

En 2004, le total de ménages avec l'électricité atteint 50.118.421, soit 43.611.207 dans les zones urbaines et 6.507.214 dans les zones rurales. La plus grande partie de la population brésilienne se trouve dans les villes et presque tous les ménages urbains permanents sont liés au réseau (99,6%).

Quand on voit les chiffres concernant les zones rurales, on vérifie qu'il y a encore 18,2% des ménages qui n'ont pas d'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 qui ont accès à l'électricité en 1990 et 2004 peut s'écrire de la façon suivante:

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

$$X(2004) = 81,8\%$$

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 :

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

$$I(2004) = (0,818 - 1) / -1 = 0,182$$

On voit par ces résultats que dans le milieu rural il y a une partie 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 (96,8%) qui ont accès au réseau électrique. La généralisation de l'électricité est prévue pour le gouvernement en 2008, par le moyen du programme « Luz Para Todos ».

Indicateur 4 : Investissements dans les énergies propres

(approximation pour la création d'emplois)

La création d'emplois serait le deuxième indicateur social proposé dans le Guide, qui suggère l'estimation par le biais des investissements dans les énergies propres. Dans le cas du Brésil, le secteur le plus important en termes de création d'emplois est l'agriculture, plus précisément la production de produits énergétiques de la canne à sucre. On estime que 50% de la production de la canne à sucre va vers la production d'énergie.

Les deux autres secteurs importants pour la création d'emplois sont le secteur électrique et le secteur du pétrole. Les informations du système électrique sont publiées par le Boletim SIESE de l'Eletrobrás jusqu'à 2002. Pour le secteur du pétrole, le nombre d'emplois de Petrobras est juste une approximation de l'emploi du secteur, puisque cette entreprise fournit plus de 90% de la production et du raffinage du pétrole au Brésil.

Tableau 7 : Nombre d'emplois

	1990	2004
Petrobras	55.000	52.037
Eletrobrás	203.118	94.175 (*)
Produits de la canne à sucre	400.000	500.000
Total	658.118	646.212

(*) Valeur de l'année 2002.

Sources : www.unica.com.br, www.petrobras.com.br et www.eletrobras.gov.br.

En terme d'investissements dans les énergies propres, on estime qu'en 1990 il n'y a pas eu d'investissement dans les énergies dites propres. Par contre, à partir de 2004, les investissements dans les énergies propres augmentent grâce aux programmes du gouvernement tels que le PROINFA (Programme National pour les Sources Renouvelables) et le programme du biodiesel. Les investissements en biodiesel ne se feront sentir qu'à partir de 2006. Par contre, le PROINFA a des investissements en cours qui montent à 6 milliards de Reais. Pour l'année 2004, on estime les investissements dans le cadre du PROINFA en R\$ 538 millions, étant donné que les financements montent à R\$ 430 millions et que la part du financement dans l'investissement total est d'environ 80%.

Les investissements totaux en énergie sont estimés, puisque les données ne sont pas disponibles. On a pris les investissements de Petrobras, Eletrobras et les estimations d'investissements des projets dans le cadre du PROINFA pour estimer les parts des énergies renouvelables dans l'investissement total en énergie. Donc, on n'a pas pris en compte des investissements d'autres entreprises des secteurs pétrole, gaz et électrique, ni les investissements en d'autres secteurs énergétiques.

$$X(1990) = 0\%$$

$$X(2004) = 2\%$$

Et si on considère les valeurs des paramètres comme :

$W = 0\%$ (valeur trouvée en 1990);

$Y = 95\%$; et

$Z = -95\%$.

Les valeurs des vecteurs seront:

$I(1990) = (0 - 0,95) / -0,95 = 1,000$

$I(2004) = (0,02 - 0,95) / -0,95 = 0,977$

Les résultats de ces deux indicateurs sociaux (3 et 4) montrent que le Brésil présente une amélioration par rapport à 1990. Pourtant, les problèmes sociaux sont encore ldes plus graves, le Brésil présentant des niveaux de concentration de revenu très élevé.

Viabilité économique

Indicateur 5 : Vulnérabilité énergétique

En termes de combustibles fossiles à l'exception de l'uranium, le Brésil n'a pas de gisements de bonne qualité, le pétrole est de bas degré API et le charbon a un contenu élevé de cendres. Le secteur de transports est le principal consommateur de combustibles fossiles.

Le pays a fait beaucoup d'effort 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. Durant les dernières années, il y a eu une forte chute. En 2004, le taux d'importation a été de 23% (MME, 2005), mais en 2006 la production dépassera la consommation.

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, car le gouvernement imposait l'usage de 20% de charbon national pour la sidérurgie. La déréglementation du secteur de la sidérurgie a laissé place libre aux importations de charbon. En 2004, 97,5% du charbon consommé par l'industrie a été importé (MME, 2005).

La consommation de charbon national de mauvaise qualité est destinée surtout à la génération électrique qui consomme 85% de la production nationale. Deux nouvelles usines thermoélectriques vont être construites pour produire de l'électricité à partir de 2010.

Les gisements de gaz sont plutôt en mer, associés au pétrole. Depuis 1999, le pays importe une grosse partie de la consommation de gaz de Bolivie, suite à la construction du gazoduc GASBOL. Presque 50% de la consommation de gaz au Brésil en 2005 a été importée.

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

$$X(1990) = 54,7\%$$

$$X(2004) = 42,6\%$$

Les valeurs des paramètres pour l'indicateur 5 sont :

$$W = 100\%;$$

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

$$Z = 1.$$

$$I(1990) = (0,547 - 0) / 1 = 0,547$$

$$I(2004) = (0,426 - 0) / 1 = 0,426$$

Bien que le pays ait 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 offshore a été mise en avant. La réduction de la valeur du vecteur est due à cette deuxième option, c'est-à-dire l'augmentation de la production nationale de pétrole.

Si le prix du pétrole reste haut pour longtemps, il est probable que l'éthanol reprendra la place qu'il avait occupé dans les années 80. Le développement de la technologie flex-fuel, qui permet l'utilisation de n'importe quelle proportion d'essence et éthanol dans les voitures, joue également un rôle important dans la reprise de la place de l'éthanol comme carburant pour les voitures.

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

La grosse partie des investissements dans les non-renouvelables va vers l'industrie du pétrole. Il faut d'abord souligner que la Petrobras est une entreprise publique profitable, puisque les prix des combustibles ne sont pas subventionnés. C'est pourquoi il faut faire attention lorsqu'on analyse ou on compare le résultat de l'indicateur 6. Est-ce que l'augmentation des parts de l'investissement public en pétrole et gaz joue un rôle négatif sur l'économie ?

Pour estimer l'indicateur 6, on a considéré que l'investissement de la Petrobras est une bonne approximation des investissements publics dans des sources non renouvelables. On a pris le rapport entre l'investissement de la Petrobras et le PIB³. En 1990 et 2004, la Petrobras a investi US\$ 2,5 et 7,4 milliards, respectivement.

Les ratios investissements/PIB pour 1990 et 2004 sont :

$$X(1990) = 0,59\%$$

$$X(2004) = 1,23\%$$

Les paramètres sont définis comme :

$$W = 10\%;$$

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

$$Z = 0,1.$$

Les vecteurs valent :

$$I(1990) = (0,0059 - 0) / 0,1 = 0,059$$

$$I(2004) = (0,0123 - 0) / 0,1 = 0,123$$

Avec ces informations, on voit que les investissements de la Petrobras ont doublé leur part dans le PIB au cours des 15 dernières années, puisque l'importation de pétrole est en train d'être remplacée par la production locale. Les investissements de Petrobras n'ont aucune influence sur d'autres

³ Les valeurs du PIB sont détaillées plus loin pour le calcul de l'indicateur 7.

investissements publics (effets d'éviction), mais, au contraire, joue un rôle non négligeable sur la croissance. Malgré l'augmentation de l'indicateur, sa valeur s'approche de zéro.

Viabilité technologique

Indicateur 7 : Intensité énergétique

Pour calculer l'intensité énergétique, on a besoin de connaître l'offre totale d'énergie primaire (TPES – Total Primary Energy Supply) 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 convertis 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 (PPP – purchase power parity).

On présente dans le Tableau 8 l'offre totale d'énergie primaire (TPES), le PIB converti au taux d'échange réel et le PIB à parité de pouvoir d'achat (\$PPP). L'Institut de Recherches Appliquées en Economie (IPEA – Instituto de Pesquisas Aplicadas em Economia) met à disposition les données économiques sur son site web (www.ipeadata.gov.br). La source primaire des PIB PPP est la Banque mondiale.

Tableau 8 : Données pour le calcul de l'intensité énergétique

	1990	2004
PIB (milliard de US\$ 2004)	427,5	604,9
PIB PPP (rank 9)	781,6	1.482,9
L'offre d'énergie primaire (TJ)	6.133.948	9.199.200
Intensité Energétique (MJ/US\$)	14,3	15,2
Intensité Energétique (MJ/\$PPP)	7,8	6,2

Sources : www.ipeadata.gov.br, Banque mondiale et MME (2005).

Pour le calcul du vecteur, on a pris en compte l'offre d'énergie primaire, y compris la biomasse, et le PIB. Selon le tableau ci-dessus, nous avons :

$$X(1990) = 14,3 \text{ MJ/US\$}$$

$$X(2004) = 15,2 \text{ MJ/US\$}$$

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 :

$$I(1990) = (14,3 - 1,06) / 9,58 = 1,387$$

$$I(2004) = (15,2 - 1,06) / 9,58 = 1,477$$

L'intensité énergétique au Brésil n'est pas faible, car cet indicateur est très affecté par les secteurs gros consommateurs d'énergie. L'industrie au Brésil est devenue intensive en énergie depuis les années 1970 lorsque plusieurs entreprises se sont installées à des pays en voie de développement à cause de

l'augmentation du prix du pétrole. Une partie non négligeable de la production est destinée à l'exportation.

Indicateur 8 : Déploiement des énergies renouvelables

Le Brésil a une structure énergétique assez propre grâce à la stratégie, déclenchée dans les années 70, de substitution des énergies fossiles importées par des sources renouvelables telles que l'hydraulique et la biomasse. On estime qu'environ 30% (bois non compris) de l'énergie primaire consommée est d'origine renouvelable au Brésil.

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.

Aujourd'hui, dans un contexte de prix élevé du pétrole et de règles plus claires pour les investisseurs, les énergies renouvelables sont plus valorisées. Le gouvernement a créé des programmes pour soutenir les sources renouvelables ces dernières années, tel que le PROINFA et le Programme du Biodiesel, mais les résultats de ces programmes ne se feront sentir que dans quelques années.

Le calcul de l'indicateur 8 est fait à partir des informations du tableau 4. On a considéré l'hydraulique, la biomasse les autres sources primaires⁴ comme étant renouvelables. Il faut exclure le bois, car la forêt n'est pas renouvelable dans son ensemble. On manque de données pour estimer la part du bois provenant de plantations de forêts dans la consommation totale du bois énergétique sur le marché. Une partie non négligeable du bois renouvelable est aussi liée à la consommation hors marché des foyers ruraux les plus pauvres (autoapprovisionnement).

A partir des données du Tableau 4, on vérifie la forte pénétration du gaz naturel dans la structure énergétique brésilienne à partir de 1999, avec la construction du gazoduc Brésil-Bolivie. Le taux moyen de croissance est de 17% par an depuis 2000. Il est intéressant de noter la chute de la consommation de bois, y compris du charbon de bois, pendant les années 90 et une forte reprise ces dernières années.

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

$$X(1990) = 27,1\%$$

$$X(2004) = 29,1\%$$

⁴ La plus part de cette valeur correspond à des sources renouvelables telle que "black licor".

Les paramètres pour le calcul sont :

$$W = 8,64\%$$

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

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

Les valeurs des vecteurs sont :

$$I(1990) = (0,271 - 0,95) / -0,8636 = 0,786$$

$$I(2004) = (0,291 - 0,95) / -0,8636 = 0,764$$

Bien que la structure énergétique au Brésil soit assez propre, on observe une réduction de la part des énergies renouvelables pendant les années 90, mais une récupération après 2000.

Présentation de l'étoile du Brésil

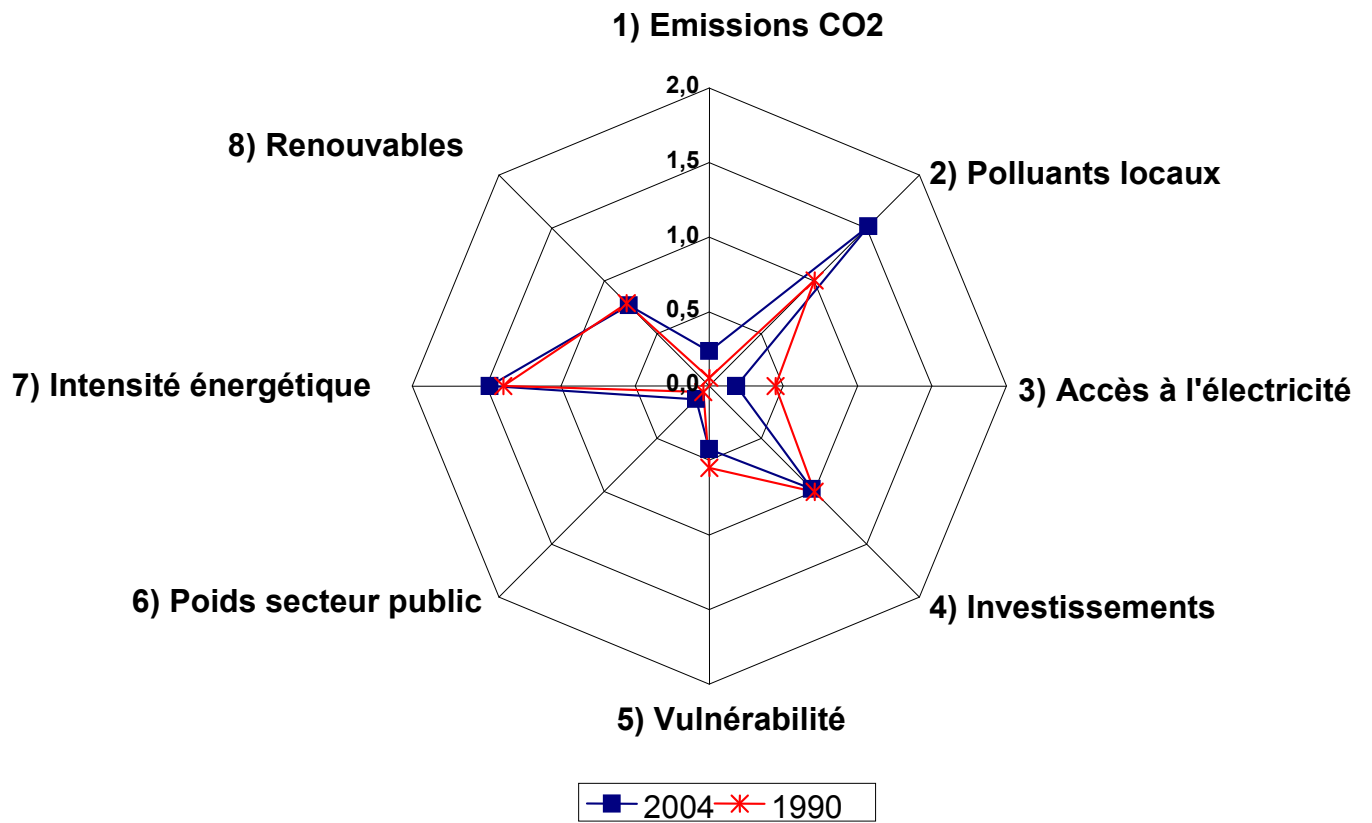
Valeurs des indicateurs

Nom des indicateurs	Unité	Données d'Entrée		Paramètres		Z	Résultats	
		X(2004)	X(1990)	W(référence)	Y(objectif)		I(2004)	I(1990)
1) Emissions CO2	kgC/cap	524	383	1130	339	791	0,234	0,055
2) Polluants locaux	-						1,516	1,000
3) Accès à l'électricité	%	82%	55%	0%	100%	-1,000	0,182	0,446
4) Investissements	%	2%	0%	0%	95%	-0,950	0,977	1,000
5) Vulnérabilité	%	43%	55%	100%	0%	1,000	0,426	0,547
6) Poids secteur public	%	1,23%	0,59%	10%	0%	0,100	0,123	0,059
7) Intensité énergétique	MJ/US\$	15,2	14,3	10,64	1,064	9,576	1,477	1,387
8) Renouvelables	%	29%	27%	8,64%	95%	-0,864	0,764	0,786

Indicateur 2	Unité	Données d'Entrée		Paramètres		Z	Résultats	
		X(2000)	X(1990)	W(référence)	Y(objectif)		I(2000)	I(1990)
2a) SO2	kt	660	811	811	81	730	0,793	1,000
2b) NOx	kt	1574	1018	1018	102	916	1,607	1,000
2c) CO	kt	154	76	76	8	68	2,147	1,000
Moyenne							1,516	1,000

L'Etoile

Les Huit Indicateurs de Viabilité



Conclusions et recommandations

Dans un contexte de prix élevé du pétrole, on observe la reprise des sources renouvelables d'énergie dans le bilan énergétique brésilien. Le Brésil offre des possibilités de production d'énergies propres, étant donnée la disponibilité de grands cours d'eau, de terres arables non utilisées, de vents et d'insolation.

Les deux indicateurs qui attirent le plus l'attention sont les indicateurs 2 (polluants locaux) et 7 (intensité énergétique). Il semble que l'augmentation des polluants locaux soit plus difficile à limiter dans un pays en voie de développement. On ne peut pas négliger l'efficacité du PROCONVE en termes de réduction des émissions par les véhicules, mais dans le secteur électrique, l'augmentation des parts de la thermoélectricité pendant les années 1990 a joué un rôle important sur les émissions locales. Le gaz et le charbon sont en train de gagner plus de place dans la génération d'électricité, puisqu'il devient plus difficile pour les usines hydrauliques d'obtenir les licences environnementales.

L'intensité énergétique élevée est un autre point important pour le Brésil, puisque le pays attire l'attention des industries grosses consommatrices d'énergies avec ses ressources naturelles. Pendant les années 1970 et 1980, dans un contexte d'incertitudes sur le prix du pétrole, plusieurs industries consommatrices d'énergies se sont installées au Brésil.

Dans une économie en développement, où l'industrie joue un rôle important et les besoins de la population en énergie ne sont pas pleinement servis, il serait important de valoriser des secteurs de basse consommation en énergie, c'est-à-dire de développer des politiques publiques pour la promotion de la dématérialisation de l'économie et l'efficacité énergétique.

Bibliographie

BOSSSEL, Hartmut, "Indicators for Sustainable Development: Theory, Methods, Applications", a report to the Balaton Group, IISD, 1999.

COSTA, Ricardo, "Présentation des huit indicateurs retenus dans le cadre de l'Observatoire de la Viabilité Energétique", in: Atelier sur les Methodologies de l'Observatoire de la Viabilité Energétique, 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 Energétique, Ouagadougou, Burkina Faso, septembre, 2001.

CSD (Sustainable Development Commission), "Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies", (www.un.org/esa/sustdev/isd.htm).

FGV, "Miséria em queda : Mensuração, Monitoramento e Metas", Rio de Janeiro, 2005.

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", 2005.

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.

PETROBRAS, "Relatório Anual", (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.