

Développement durable de la biomasse pour la production d'énergie au Brésil

V. Dubeux-Torres

Présidente de « Prospectiva 2100 Brasil » - Professeuse UFAL - CECA - RIDESA, Brésil
dubeuxtorres@gmail.com

RÉSUMÉ

Le Brésil présente une superficie de 8 511 965 km² dont près de 4 000 000 km² exploitables pour l'agriculture. Cette superficie constitue une richesse potentielle importante du Brésil pour le développement d'énergies issues de la biomasse.

Après une présentation générale de la matrice énergétique brésilienne, la communication détaille la place de la biomasse dans le panier énergétique brésilien. Elle rappelle brièvement l'histoire du développement de ces énergies, dont le programme Proalcool, puis présente les développements actuels ainsi que les perspectives futures des filières sucre-alcool et biodiesel.

La filière sucre-alcool est très avancée au Brésil en termes de technologie et de production. La production actuelle d'alcool est de 18 millions de m³, elle devrait atteindre 27 millions de m³ en 2010.

Le biodiesel constitue par ailleurs une des priorités du gouvernement brésilien qui s'est fixé de porter de 2% en 2005 à 5% en 2013 la part du biodiesel dans le carburant diesel.

Le challenge majeur du gouvernement brésilien et des entrepreneurs est de mettre en œuvre un modèle de développement basé sur un programme de bioénergie national qui soit socialement, économiquement, écologiquement et techniquement soutenable et qui réponde aux normes nationales et internationales. La communication précise la prise en compte des objectifs de développement durable de ces programmes pour la prochaine décennie.

Mots clés : Biocarburants, Canne à sucre, bioéthanol, biodiesel, Brésil

INTRODUCTION

Dès 1975, après la guerre du Kippour et le premier choc pétrolier, un programme de développement de biocarburants est mis en place au Brésil pour éviter une politique énergétique basée exclusivement sur le pétrole. En 2003, la nouvelle crise mondiale conduit le Brésil à relancer un nouveau programme de biocarburants. Ce programme s'insère dans un contexte mondial nouveau et de nouvelles exigences concernant la protection de l'environnement. Il a également pour objectif de contribuer à l'inclusion sociale et doit bien entendu, bien entendu, maintenir la sécurité alimentaire.

La canne à sucre joue un très grand rôle au Brésil qui est le plus grand producteur mondial de cette matière première et de ses produits : sucre et alcool. Il présente un rôle fondamental dans de nombreuses régions du pays pour l'emploi, l'économie, mais aussi pour l'équilibre environnemental.

Le Brésil présente parmi ses richesses un territoire immense susceptible de développer la biomasse. Un défi de l'Etat et des industriels consistera à mettre en place un nouveau cycle de développement évitant qu'une croissance économique accélérée ne soit accompagnée d'une extrême concentration des bénéfices, voire de la paupérisation de populations démunies.

LE CONTEXTE ENERGETIQUE MONDIAL

La consommation mondiale d'énergie primaire (11,2 Gtep en 2004 selon IEA) est aujourd'hui dominée par les énergies fossiles qui représentent 80% du total. En 2050, suivant les scénarios, cette consommation pourrait atteindre de 16 à 30 Gtep dont seulement 12,5 Gtep pourraient être fournies par des fossiles en phase de raréfaction. Cette prospective souligne l'importance que devraient prendre les énergies renouvelables dans le futur. L'importance du rôle de ces énergies sera également liée au problème de la prise en compte du changement climatique qui impose une réduction dans un rapport 4 de l'émission des gaz à effet de serre. D'autres facteurs conduisent le Brésil à s'intéresser aux énergies renouvelables : le prix élevé de l'énergie, les instabilités géopolitiques et les conflits entre les pays producteurs, la grande dépendance vis-à-vis des énergies fossiles, ... Un des inconvénients des énergies renouvelables est leur dilution à quelques tep / ha, mais le Brésil dispose d'une grande richesse : la surface de son territoire !

PERSPECTIVES DES BIOCARBURANTS DANS LE MONDE

Actuellement, les biocarburants sont fabriqués dans le monde à partir de cultures telles que la canne à sucre, le maïs, le blé, la betterave, le manioc pour l'éthanol ; le soja et le colza pour le biodiesel. Au Brésil, l'éthanol a pour origine la canne à sucre. Ces carburants de substitution non seulement sont largement compatibles avec le parc automobile actuel, mais peuvent aussi être mélangés avec les carburants classiques. En fait, des mélanges à faible teneur en éthanol, comme l'E10 (qui contient 10 % d'éthanol par volume) sont déjà distribués par de nombreuses stations-service du monde entier, et utilisés dans des véhicules à essence classiques. Pour aller au-delà d'un mélange à 10 %, des modifications mineures et peu coûteuses sont nécessaires sur le moteur et sur le système d'alimentation. Au Brésil, la plupart des voitures neuves sont compatibles avec presque tous les mélanges d'essence et d'éthanol. Cependant, l'utilisation mondiale de ces carburants dans les transports reste faible. Les États-Unis et le Brésil sont les deux premiers pays à utiliser l'éthanol dans les transports. L'éthanol représente moins de 2 % de la consommation américaine de carburant, tandis qu'au Brésil, il dépasse les 40 %. Les biocarburants peuvent être coûteux, jusqu'à trois fois plus que l'essence (0,2€l à 0,6€l), ce qui a généralement peu incité à les utiliser. Mais la flambée récente des prix du pétrole et les progrès techniques les rendent plus attractifs. En outre, avec une production à plus grande échelle et l'expérience, les prix des biocarburants vont vraisemblablement baisser. Malgré ces incertitudes, la production de biocarburants offre d'intéressantes possibilités. L'Agence Internationale de l'Energie estime qu'à terme, la moitié de la consommation mondiale de carburants pour le transport terrestre, voire davantage, pourrait être remplacée par des biocarburants entre 2050 et 2100. Cela dépendra toutefois de nombreux facteurs, notamment des besoins alimentaires de la planète ainsi que de la productivité des terres.

Étant donné les avantages que présentent les biocarburants, il n'est pas étonnant que de nombreux pays, notamment les États-Unis, le Canada, plusieurs pays européens, l'Australie, le Japon, envisagent ou aient déjà adopté des politiques favorisant une augmentation sensible de l'utilisation des biocarburants au cours de la prochaine décennie. Si de nombreux pays encouragent la production nationale des biocarburants, le faible coût de l'éthanol produit au Brésil et dans d'autres pays en développement pourrait les inciter à importer. C'est pourquoi le commerce international de biocarburants, permettant de compléter la production nationale, se développera probablement à l'avenir. En ce qui concerne l'Europe, malgré un excellent démarrage de la R&D de la technologie et des applications des biocarburants, le développement résultant et leur usage reste en deçà de l'attente du Brésil.

Une nouvelle dynamique liée principalement au mode de production brésilien se développe actuellement : les étrangers se tournent vers le Brésil et font d'importants investissements dans l'activité de production du bioéthanol. Les industriels français qui s'installent aujourd'hui au Brésil ont pris dans ce domaine une position forte.

LE BRESIL

Le Brésil a une superficie de 8 511 965 km² (851 Mha) ce qui représente 15,6 fois la superficie de la France. La surface exploitable pour l'agriculture est de 367 Mha dont 200 Mha adaptées à l'élevage et 60 Mha de terre arable (dont 22 Mha de Soja, 6 Mha de canne à sucre). Le Brésil a aujourd'hui une population de 184 millions d'habitants avec la perspective d'atteindre 228 millions en 2025. La consommation primaire d'énergie est de 204,85 Mtep en 2004 (selon IEA), soit 1,1 tep par habitant et la proportion d'énergies renouvelables est de 40,8%, elle est en France de 6,1%. En 2004 selon l'IAE, la distribution de la consommation d'énergie primaire au Brésil est la suivante : pétrole : 42,9%, gaz : 7,8%, charbon : 7%, renouvelables : 40,8% dont 13,7% d'hydraulique. En ce qui concerne les carburants, la répartition en 2005 est la suivante : gazole : 54,5%, essence : 25,6%, alcool anhydre : 8,5%, alcool hydraté : 8,4%. Les véhicules légers, voitures et motos, utilisent encore majoritairement l'essence (56,4%) mais l'alcool se développe (32,5% = 18,5% alcool anhydre et 18,7% d'alcool hydraté) et le gaz naturel représente en 2005 : 6,4% du marché.

L'HISTOIRE DU DEVELOPPEMENT DE LA BIOMASSE « CANNE A SUCRE » AU BRESIL

Cette histoire commence au XVI^e siècle avec l'installation des Portugais qui sont ensuite mêlés à des Français et Hollandais responsables de la formation du Patronat du sucre de la période coloniale qui se reproduit en grande partie jusqu'à aujourd'hui à travers des usines. 200 moulins ont d'abord été créés dans la région de Pernambouco, on peut ensuite résumer en quelques dates importantes la période contemporaine que l'on peut faire démarrer en 1925 avec la création de la première voiture à alcool :

1927 : Création dans l'Etat de Pernambouco de la première cooperative "Alcool-Motor" pour la production de carburant "alcool-azulina" et dans l'Etat d'Alagoas de l'usine « Serra Grande » qui produit l'alcool USGA.

1933 : Création de l'Institut Brésilien "Sucre et Alcool" : IAA.

1938 : L'Etat impose par décret le mélange essence-alcool (5%). Ce pourcentage sera relevé à 20% en 1941.

1954 : Création de "Petrobras", compagnie nationale, chargée notamment de la distribution du mélange carburant.

1971 : Création du programme national d'amélioration de la canne à sucre : IAA-Planalsucar (devenu aujourd'hui le RIDESA)

1975 : Création du programme Proalcool destiné à promouvoir l'utilisation d'alcool comme carburant (20%) et comme matière première pour l'industrie chimique.

1979 : Proalcool : décision d'objectif pour 1985 de 10,7 milliards de litres d'alcool. Début de l'utilisation de l'alcool hydraté à 100%.

1989 : Déréglementation des activités du secteur Sucre-Alcool. Suppression de l'IAA.

1997 : Création du Conseil Interministériel Sucre et Alcool (CIMA).

2003 : Mise au point par les constructeurs automobiles du moteur "Flex Fuel" qui accepte tant l'éthanol hydraté que les mélanges essence-éthanol anhydre.

BIODIESEL VERSUS BIOETHANOL

Le programme "Proalcool" a été créé en 1975 pour des raisons économiques et pour limiter la dépendance du Brésil vis-à-vis du pétrole. Il avait pour objectif de substituer 40% de l'essence utilisée par de l'alcool obtenu à partir de la canne à sucre. En 1986, la production couvre 50% des besoins et 3,5 millions de voitures utilisent ce carburant. L'augmentation du prix du sucre de canne en 1989 et la chute du prix du pétrole dans le marché ont provoqué une réduction de la production d'alcool. Durant le second trimestre 1989, l'alcool a commencé à manquer dans les stations-service et les utilisateurs ont perdu confiance. Le gouvernement a alors autorisé l'importation d'alcool et le Brésil en est devenu un grand importateur. A la fin de l'année 1990, moins de 1% des véhicules utilisaient de l'alcool au Brésil.

En 2003, avec la nouvelle crise mondiale sur le pétrole, une nouvelle politique de développement de l'alcool est engagée, appuyée par les contraintes de protection de l'environnement. Les perspectives de l'alcool sont aujourd'hui d'autant plus importantes que son coût a été réduit de plus d'un facteur 3 en 20 ans (0,6 €/litre à 0,2 €/litre). Il devient concurrentiel avec l'essence. Cette performance est liée à différents progrès concernant la génétique des variétés de cannes à sucre, les nouveaux systèmes de production (passage des moyennes de production de 50 à 60 tonnes / ha à 70 à 80 tonnes / ha), l'amélioration de l'extraction du jus de 83% à 97%, la réduction de la durée de fermentation de 24 heures à 4 à 6 heures, la réduction de la consommation de vapeur de 600 kg / tonnes à 320 kg / tonnes, ...

La recherche d'indépendance énergétique passe aussi par la considération du domaine diesel qui ouvre des perspectives intéressantes au biodiesel, en particulier sociales en dehors des performances économiques et environnementales. Le projet soutenable engagé s'appuie sur trois piliers :

- Economique : encore une fois, prix élevés du pétrole mais la dépendance externe est plus faible.
- Environnemental : Introduire un carburant renouvelable et soutenable.
- Social : Besoins de génération d'emplois et de revenus.

LES DEFIS DU BRESIL

Disposant de ressources fossiles limitées, le Brésil décide d'exploiter le potentiel présenté par la grande surface de son territoire pour le développement de bioénergies tout en maintenant la sécurité alimentaire. La nouvelle politique mise en œuvre par le gouvernement Brésilien pour les biocombustibles (loi N° 9.478 / 97) va dans le sens de la sécurité énergétique à long terme, de la modération du prix de l'énergie, du maintien d'une compétitivité industrielle locale et d'une matrice qui favorise des solutions aux questions posées par l'environnement et le changement climatique. Cette loi qui conduit à une augmentation de la contribution des bioénergies dans la matrice énergétique nationale contribue à une réduction de la dépendance

externe, elle a également pour but de protéger les intérêts du consommateur par réglementation et fiscalisation et de promouvoir la libre concurrence.

Deux objectifs ambitieux doivent être soulignés :

- porter la production d'alcool de 17,6 milliards de litres en 2006 à 24 milliards de litres en 2010 et remplacer 10% de l'essence dans le monde d'ici à 2025 par de l'éthanol brésilien (passage de la surface cultivée de 6 millions d'ha à 21 millions d'ha).

- porter de 2% en 2005 à 5% en 2013 (ce qui correspond à 2,400 milliards de litres / an) la part du biodiesel dans le carburant diesel.

Face à ces défis, le challenge majeur du gouvernement Brésilien et des entrepreneurs est naturellement de mettre en œuvre un modèle de développement qui soit socialement, économiquement, écologiquement et techniquement soutenable et qui réponde aux normes nationales et internationales. En ce qui concerne l'Etat, les principaux acteurs sont le Ministère des Sciences et Technologies, le Ministère des Mines et de l'Energie, le Ministère de l'Education, le Ministère de l'Agriculture et le Ministère de l'Environnement.

LA FILIERE DU BIOETHANOL

Deux types de bioéthanol sont développés au Brésil : le bioéthanol anhydre qui nécessite un mélange à l'essence dans des proportions de 20 à 25%, et le bioéthanol hydraté utilisable directement dans le moteur (100%).

Quelques dates importantes de cette filière après le redémarrage du programme « Proalcool » qui devient « Bioéthanol » :

2003 : Mise au point par les constructeurs automobiles du moteur "Flex Fuel" qui accepte tant l'éthanol hydraté que les mélanges essence-éthanol anhydre. Le moteur "Flex Fuel" donne au conducteur le choix du carburant le moins cher tout en le protégeant d'une rupture d'approvisionnement.

2005 : Apparition d'une compétitivité de l'éthanol avec l'essence et pression internationale vers les carburants dits « Verts ».

2006 : Production d'éthanol = 17,5 milliards de litres, plus du tiers de la production mondiale, dont 3 milliards de litres ont été exportés. Le Brésil a une part de marché de 50% des exportations d'éthanol.

- 40% du carburant Brésilien est de l'éthanol.

- 80% des voitures vendues au Brésil sont maintenant équipées d'un moteur "Flex Fuel" (1 100 000 en 2006).

La flotte des voitures "Flex Fuel" brésiliennes est la seule au monde à pouvoir utiliser soit 100% d'alcool soit 100% d'essence. Le moteur Flex Fuel peut en effet être utilisé avec toutes les combinaisons éthanol hydraté ou mélanges essence - éthanol anhydre.

Tableau 1 : Statistiques 2006 sur la production d'éthanol au Brésil

Chiffre d'affaire Ce qui représente	R\$ 41 milliards 3,65% du PIB
Création d'emplois directs et indirects	4 millions
Agriculteurs concernés	72 000
Canne à sucre exploitée en tonnes	420 millions de t
Production de sucre	30 millions de t
Production d'alcool	17,5 milliards de l
Exportation en millions de tonnes de sucre	19 / soit 7 milliards US\$
Exportation en milliards de litres d'alcool	3 / soit 1,5 milliards US\$
Impôts et taxes (4,4 milliards d'Euros)	R\$ 12 milliards
Investissements (1,9 milliards d'Euros)	R\$ 5 milliards par an
Parcs de production : usines et distilleries	344 (en service + projets)

Le Brésil a aujourd'hui un projet ambitieux d'exportation massive d'éthanol sur le marché mondial dont l'objectif serait de remplacer en 2025, 10% de l'essence dans le monde par de l'éthanol national ! Le programme engagé comprend trois composantes essentielles :

- Programme important de développement de la canne à sucre. Le domaine cultivé de canne à sucre passerait de 6 Mha à 21 Mha et le nombre de distilleries à 600.
- Développement des infrastructures pour l'exportation d'éthanol : voies ferrées, pipelines, ports, ...
- Développement de la recherche : valorisation rationnelle de la canne à sucre - jus et bagasse, recherche sur les procédés, broyage, pelletisation, hydrolyse enzymatique, procédé HDR, traitements chimiques, ... Un réseau de recherche a été créé pour le développement de la technologie de conversion de la biomasse de la canne à sucre (bagasse et paille) par hydrolyse enzymatique en combustible éthanol. Ce réseau implique plusieurs institutions : Onze universités (UNICAMP/Champêtres, FAENQUIL/Lorraine, USP/São Paulo, UFRJ/Rio de Janeiro, UENF/Champs, UME/Maringá, UnB/Brasilia, UCS/Caxias de le Sud, FURB/Blumenau, UFPE/Recife, UFPB/João Pessoa, UFAL/Maceió, (Réseau Inter-universitaire pour le développement du secteur « sucres et alcools » : RIDESA), deux centres de recherche (IPT/São Paulo et INT/Rio de Janeiro et le Centre de Technologie de la Canne – CTC, Piracicaba qui réunit environ cent industriels du domaine sucre et d'alcool), CENBIO (Centre National pour le Développement de la Biomasse) São Paulo et TOYOBO du Brésil.

Le RIDESA mène les recherches pour l'amélioration génétique de la canne à sucre en partenariat avec les entrepreneurs. Dans ce but, il gère une collection canne à sucre à la station de croisement et multiplication des variétés de cannes RB (République du Brésil) coordonnée par le Centre de Sciences Agraires (CECA) de l'Université Fédérale d'Alagoas (Barbosa et al, 2006).

LA FILIERE BIODIESEL

Le biodiesel est un carburant constitué du mélange d'esters méthyliques ou éthyliques d'acides gras.

Comme indiqué précédemment, la filière biodiesel s'appuie sur 3 piliers : le marché, le social et l'environnement. Elle est développée en tenant compte de trois lignes directrices :

- Planter un projet soutenable contribuant à l'inclusion sociale. A titre d'exemple la filière doit assurer le soutien de la petite agriculture familiale du Nordeste : 45 000 emplois en

zone rurale. 10 ha/ travailleur 180 000 emplois au total pour 840 Millions de litres (Objectif 2% de 2008).

- Garantir des prix compétitifs, la qualité et l'approvisionnement,
- Produire du biodiesel à partir de différents oléagineux (ricin, tournesol, soja, palme, coton) et dans des régions diverses :
 - Ricin : 700kg / ha dans le Nordeste,
 - Tournesol : 650 kg / ha dans le Sud-Est,
 - Soja : 450 kg/ ha dans le Sud,
 - Palme : 4000 kg / ha dans le Nord,
 - Coton : 450 kg / ha dans le Centre Ouest.

La recherche pour améliorer l'efficacité énergétique de cette filière est menée par l'organisme Brésilien de recherche agronomique EMBRAPA qui a créé un Centre de Recherche sur les bioénergies en partenariat avec d'autres institutions telles que Pétrobras et les Universités. L'EMBRAPA développe également d'importantes recherches sur l'impact socio-environnemental de la production de biodiesel au Brésil (Rodrigues et al., 2007)

La loi (11.097/2005) fixe des règles pour l'introduction du biodiesel dans la matrice énergétique et définit le pourcentage minimal de biodiesel dans le gazole :

2005 à 2007 : Biodiesel autorisé, marche potentiel : 850 millions de litres /an

2008 à 2012 : Biodiesel Obligatoire : marche garanti : 1 milliards de litres / an

après 2013 : Biodiesel Obligatoire : marche garanti : 2,4 milliards de litres / an

Les prévisions pour fin 2007 étaient les suivantes :

- Emplois créés : 1 million
- Emplois créés dans l'agriculture familiale : 250 000
- Nombre de stations service vendant du biodiesel : 3 400

-

Tableau 2 : Situation actuelle des unités de production de biodiesel :

	Unités	Millions de litres / an
En opération	14	0,461
En processus d'autorisation	28	1,339
En construction, en projet	5	0,288
Nouveaux projets	19	0,948
TOTAL	65	3,036

CONCLUSION

Le Brésil vient de redémarrer un important programme de développement de biocarburants avec deux filières : bioéthanol et biodiesel dont le but est, tout en maintenant la sécurité alimentaire, d'assurer la sécurité énergétique à long terme du pays dans le cadre d'un programme soutenable sous les trois composantes fondamentales : économiques, environnementales et sociales.

D'importants défis sont posés tant dans le domaine de l'éthanol avec un objectif de fournir 10% de la consommation d'essence mondiale en 2025, qu'au niveau du biodiesel avec un objectif de contribution de 5% au diesel Brésilien en 2013.

Ces objectifs seront atteints grâce à une volonté de l'Etat concrétisée par l'adoption de nouvelles lois et la mise en place de nouveaux réseaux de R&D, par exemple le RIDESA, qui associent Universitaires, Centres de Recherche et Industriels.

BIBLIOGRAPHIE

Barbosa, G.V. et al, 2006, Rede Interuniversitaria para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro : Relatório Técnico, Ceca/UFAL, 300 p.

IEA, International energy Outlook, 2006, www.iea.org

Rodrigues, G.S. et al. 2007. Socio-Environmental Impact of Biodiesel Production in Brazil, Journal of Technology, Management & Innovation, Volume 2, Issue 2, p 46 - 66.