

REPUBLIQUE DU SENEGAL
Un Peuple – Un But – Une Foi

==--==--==--

MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES

.....

DIRECTION DE L'ENERGIE

**PROGRAMME REGIONAL DE PROMOTION DES ENERGIES DOMESTIQUES
ET ALTERNATIVES AU SAHEL (PREDAS)**

**Atelier régional de capitalisation de l'expérience sahéenne en
matière de carbonisation et aggro briquetage au sahel**

Bamako, 15 au 18 juin 2004

**CARBONISATION ET AGGLO-BRIQUETTAGE AU
SENEGAL**

*Ibrahima NDIAYE, Direction des Eaux et
Forêts*
Mireille AFFOUDJI, PERACOD
Ibrahima NIANG, Direction de l'Energie

Dakar, juin 2004

I INTRODUCTION

Au Sénégal, la politique menée dans le sous secteur des combustibles domestique se concentre essentiellement sur l'approvisionnement et la consommation des zones urbaines, qui se fait principalement sous forme de charbon de bois et qui contribue à la dégradation du couvert forestier. L'objectif visé, est, d'une part, rationaliser les conditions de production des combustibles ligneux et d'autre part, élargir la gamme des combustibles de biomasse afin de réduire de manière significative, la pression exercée sur les formations forestières.

Le bois fournit 90% des besoins énergétiques des ménages. On estime que la consommation en bois de feu est de 1,5 million de tonnes de bois et celle du charbon de 1,8 million de tonnes de bois/an; soit un total de 3,3 millions de tonnes ou 4,2 millions de m³. La consommation additionnelle en l'an 2010 serait de un (1) million de m³ environ/an.

Selon le rapport « Exploitation Forestière : Contexte, Problématique et Politique » portant sur un atelier de réflexion sur la filière charbon de bois tenu du 20 au 22 mars 2001 ME/PSACD, le bilan énergétique au Sénégal est caractérisé de nos jours au niveau de l'énergie primaire par la prépondérance de la consommation des combustibles ligneux (bois de feu et charbon de bois). Ce type de combustible est essentiellement utilisé par les ménages et provient de l'exploitation des forêts naturelles. Il représente 60 % du bilan énergétique du Sénégal ; d'où la place importante qu'occupent les combustibles domestiques ligneux dans la vie socioéconomique des populations. Cette forte demande en bois de feu et en charbon de bois a entraîné la régression des formations forestières et le recul du front d'exploitation qui jadis était proche de la capitale Dakar, se situe actuellement dans les régions Sud et Sud-Est : Tambacounda et Kolda, 500 à 700 km de Dakar.

Afin d'inverser cette tendance, des essais en carbonisation visant à améliorer la meule traditionnelle ont été entrepris à partir de 1977 au cours des deux projets FAO/PNUD SEN/71/522 (Inventaire des Forêts de Basse et Moyenne Casamance) et SEN/78/002 (Aménagement de la Forêt de Tobor).

Plus récemment, à partir de 1995, des essais ont été entrepris sur le charbon bio (le Typha, la coque d'arachide, la balle de riz, les tiges de cotonnier, les branches d'arbres : essais de briquettes).

II. ANALYSE DE LA FILIERE CHARBON DE BOIS

Importance de la carbonisation traditionnelle et améliorée

Force est de constater que la carbonisation traditionnelle est beaucoup plus pratiquée actuellement au Sénégal. Cependant, la meule Casamance, après le Projet PL 480, titre III, a continué à être utilisée par le biais du PROGEDE et d'autres projets d'aménagement. Il est prévu dans la nouvelle formule de planification appelée « Cadre de Dépenses Sectorielles à Moyen Terme » de généraliser l'utilisation de la meule Casamance au niveau national.

La production annuelle de charbon de bois est actuellement d'environ 500 000 quintaux.

Organisation de la filière charbon de bois

Il y a quatre catégories d'acteurs qui composent la filière

- les exploitants forestiers (sociétés, organismes, coopératives) qui paient les redevances, reçoivent leurs quotas au niveau régional et installent leurs ouvriers ou « Sourghas » dans les zones autorisées par les services forestiers ;
- les « Sourghas » qui font la carbonisation ;
- les transporteurs qui convoient le charbon produit vers les grandes villes ;
- les coxeurs qui sont chargés de commercialiser le charbon et de réguler le marché

Force de la filière charbon de bois

La filière charbon de bois génère un chiffre d'affaires annuel de 20 milliards de FCFA et l'approvisionnement du marché se fait correctement

Faiblesse

De temps en temps, le prix du charbon fluctue à cause des difficultés de transport en hivernage causées par l'impraticabilité des pistes au niveau des chantiers de production.

Environnement institutionnel

Depuis quelques années, sous la supervision du service forestier avec la tutelle du Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, la

répartition des quotas se fait au niveau des conseils régionaux des régions d'exploitation de Tambacounda et de Kolda.
Annuellement, un arrêté ministériel organise Campagne Nationale de l'Exploitation forestière.

Rôle des femmes dans la filière

Au Sénégal, les femmes sont quasi inexistantes dans les activités carbonisation. Cependant elles sont actives dans le segment de la commercialisation.

III. CARBONISATION : LA MEULE CASAMANCE

C'est dans ce domaine que les essais du Projet PNUD/FAO SEN/71/522 ont été les plus intéressants. On a commencé par reprendre les essais du four métallique « Mark V », mais on a constaté que l'investissement nécessaire était prohibitif (3000 dollars à l'époque), compte tenu du prix de vente possible du charbon.

De même, la cornue qui fonctionne de façon semi-continue, produit un charbon d'excellente qualité et une quantité importante de pyrolygèneux tout en utilisant comme combustible de la sciure, déchet habituellement inutilisé. Malheureusement, l'investissement était élevé, de l'ordre de 3000 dollars US et le travail était jugé pénible.

Avec l'arrivée d'un expert du Peace Corps, ont été commencés les essais visant à améliorer les techniques de carbonisation de la meule traditionnelle. L'expert et son homologue ont réussi à augmenter le rendement en agissant sur les conditions de carbonisation.

Deux constatations avaient été faites sur la meule traditionnelle :

- lenteur de la phase carbonisation due à une mauvaise aération de la meule ;

- rendement anhydre trop bas (16 à 20%) due à une irrégularité de la carbonisation qui laissait trop d'incuits ou nécessitait une prolongation de la carbonisation avec comme conséquence une auto-combustion du charbon.

Partant de ces constatations et en compulsant la documentation existante, l'attention de l'expert et de son homologue a été attirée par la meule suédoise qui monte la meule sur un plancher et installe une cheminée à l'extérieur.

Au cours des essais entrepris, l'équipe du projet modifia la construction du plancher qui se fit avec des bois ronds (15 à 20 cm) disposés radialement sur lesquels sont disposés circulairement de petits bois (3 à 7 cm de diamètre), ce qui assurait une bonne circulation de l'air. La cheminée simple de la meule suédoise qui coûtait 60 000 FCFA fut remplacée avec trois fûts de 200 litres soudés (12 à 15000 FCFA). Les fonds des trois fûts ont été conservés en ne

gardant fixé au fût qu'une largeur de 15 cm pour former une chicane qui refroidit les gaz en les conduisant dans le fond de la cheminée où une petite ouverture permet la récupération de l'acide pyroligneux (utilisé en remplacement de la créosote qui coûtait 300FCFA/litre) pour le traitement des produits issus des éclaircies en teckeraies. Cette cheminée, qui se déplace autour de la meule, active l'aération et diminue la durée de la carbonisation. Les résultats enregistrés avec cette meule appelée meule Casamance, ont été très intéressants :

- augmentation du rendement anhydre : +30%
- augmentation du rendement/stère : +50%
- réduction du temps de carbonisation : -30%
- possibilité de réduction de la consommation nationale en bois d'environ 300 000 tonnes/an.
- des investissements réduits à 15 000 FCFA par équipe de trois charbonniers qui peuvent produire 100 à 120 stères de bois carbonisé /mois.

Comparaison technique et économique entre la meule Casamance et la meule traditionnelle

Comparaison technique

	Meule traditionnelle	Meule Casamance
Capacité en stères	10 à 120	10 à 120
Entretien	Simple	Simple
Durée de vie/année	1 fournée	1 à 2
Cycle de production en jours	3 à 21	1 à 7
Mobilité	Bonne	Bonne
Qualité de charbon	Bonne	Bonne
Rendement anhydre %	16 à 20	20 à 40%
Sous produits récupérés	Néant	Goudrons et acide pyroligneux
Dimension de la matière première	Pas de limite	Pas de limite
Résistance à la chaleur	Bonne	Bonne

Avantages de la meule Casamance

- Coût relativement faible ;
- Facile à construire après formation ;
- Capable de donner de très bons rendements ;
- Carbonisation rapide ;
- mobile
- Adaptée aux projets d'aménagement et zones de production contrôlée

Inconvénients de la meule Casamance

- Surveillance permanente de la meule après allumage ;
- Charbon à usage domestique ;
- présence obligatoire de matières organiques et de la terre pour sa construction ;
- La formation des charbonniers est nécessaire et requiert au moins 45 jours ;
- Peut provoquer une déforestation rapide en zones de carbonisation non contrôlées à cause de sa rapidité de cuisson.

Depuis février 1981, la Meule Casamance est vulgarisée par le biais de la formation au niveau des aires d'exploitation autorisées par le service forestier. Plus de 700 charbonniers ont été initiés à la méthode grâce au concours financier de l'USAID et du PL 480 Titre III d'un montant total de 131 916 750 FCFA. Ce projet est terminé depuis 1986.

Actuellement, elle est pratiquée au niveau du PROGEDE dans les régions de Tamba et de Kolda (Est et Sud Est du pays)

Avantages de la Meule Traditionnelle

- Facile à construire ;
- Coût faible de production ;
- Mobile ;
- Pas de limite pour la grosseur des bois.

Inconvénients de la Meule Traditionnelle

- Carbonisation lente ;
- Surveillance permanente de la meule après allumage ;
- Peu performante en saison des pluies ;
- Rendement faible à acceptable ;
- Présence obligatoire de matières organiques et de terre pour sa construction.

Analyse économique

1^{er} étude de cas fournie par le PSACD

Meule Traditionnelle :

- Achat de bois par le CIVD (45F/kg) : 1 000 000
- Transformation (5 F/kg) de charbon produit : 200 000
- Prix de vente en gros : 42F CFA/Kg soit 40 000 kg x 42F=1 680 000FCFA

Bénéfice : 480 000 FCFA

Meule Casamance :

Investissement = 20 000 FCFA (3 fûts de 200 litres soudés pour la cheminée) annuellement mais permet d'obtenir une production proche de 50 tonnes de charbon.

Les coûts et recettes donnent :

- achat de bois par le CIVD : 45 FCFA/kg = 1 000 000
- transformation (5 FCFA/kg de charbon produit) : 250 000
- amortissement cheminée : (4 meules /an) = 5 000
- prix de vente en gros à 42 F/kg soit 50 000kg x 42FCFA=2 100 000 FCFA

Bénéfice = 845 000 FCFA

2^{eme} étude de cas fournie par le PAEP (consultant I. Ndiaye)

Comparaison de rentabilité entre le bois de chauffe du filao et le charbon produit à partir de la meule casamance

Bois de chauffe : 8 stères

-Prix de vente : 60 000 FCFA soit 7 500 FCFA/stère.

-Dépenses effectuées

- Transport à Kébémér de ces 8 stères payés par le PAEP : 12 000 FCFA soit 1500 FCFA/stère
- F/stère
- Transport de ces 8 stères du chantier de coupe au dépôt : 12 000 FCFA soit 1 500F/stère

Total = 24 000 FCFA

Bénéfice = 36 000 FCFA

Carbonisation de 8 stères avec la Meule Casamance.

-Production de charbon = 33 sacs ou 860 kg de charbon

-vente en gros= 2500FCFA x 33 = 82 500 FCFA

-Main d'œuvre (8HJ) : 8 x1673 FCFA = 13 384 FCFA

-Amortissement cheminée et petit matériel (35 000 FCFA). Avec une production de 10 meules/an = 3500 FCFA

-Bénéfice = 65 616 FCFA

IV. L'AGGLO-BRIQUETAGE

V.1 Technologie PRONATURA

Il s'agit d'une technologie proposée par Pro-Natura, développée en collaboration avec la société Eco-Carbone qui permet la carbonisation en continu de diverses formes de biomasse.

La technologie développée est basée sur l'utilisation d'une cornue chauffée à 500 °C au travers de laquelle s'écoule la biomasse de façon continue, la température étant maintenue constante par la combustion des gaz de pyrolyse qui sont recyclés et brûlés dans une deuxième chambre.

Une des originalités du procédé est qu'une fois la machine préchauffée, le processus produit sa propre énergie. Ce process est donc pratiquement autonome en terme d'énergie et son rendement atteint 30 % à 50 % suivant le type de biomasse

Il s'agit d'un procédé nouveau de carbonisation continue de biomasse renouvelable qui donne une poudre que l'on peut agglomérer de façon à être facilement utilisée dans tous les types de foyers domestiques.

Beaucoup de recherches en thermique et en combustion ont conduit à la fabrication du bio-carbonisateur.

La carbonisation est faite dans une cornue munie d'un agitateur qui conduit la biomasse vers la sortie de l'appareil. La température nécessaire est de 500 à 650 degrés suivant le type de biomasse traitée. La chaleur est fournie au démarrage par une énergie extérieure (brûleur à gaz ou à gasoil).

Lorsque la carbonisation commence, le brûleur est enlevé et l'énergie nécessaire est fournie par la combustion des gaz produits par pyrolyse, sans besoin d'utiliser une source extérieure : c'est là le premier facteur du caractère peu onéreux du produit. Il est donc intéressant de carboniser en continue le plus longtemps possible, ce qui implique de disposer d'un important approvisionnement préalable en biomasse.

Le charbon est produit sous forme de fines particules. Il doit être aggloméré. Après agglomération, le produit se présente selon le procédé utilisé comme suit :

- sous forme de baguette percée au centre dans le sens de la longueur, facile à utiliser, à transporter et à commercialiser. La qualité de combustion est fonction à la fois du pouvoir calorifique de la biomasse utilisée. Plus la teneur en biomasse carbonisé est élevée, meilleure sera la combustion et moins sera le dégagement de fumée ;
- sous forme de boulets dans la version artisanale où l'agglomération se fait à partir d'un plateau rotatif. Ce charbon est de faible densité et peu commode à transporter.

Cette technologie a été expérimentée entre 1999 et 2000 à Ross Béthio dans la zone du delta du fleuve Sénégal. Au cours de l'exécution de l'unité pilote qui a donné de bons résultats, il a été procédé à la carbonisation de la balle de riz , du typha et de la tige de coton. La fiabilité du procédé de carbonisation de biomasse en continu et la bonne conception du carbonisateur ont été démontrées. Il est à noter que les carbonisateurs sont fabriqués par une industrie locale (la SISMAR).

Une méthode d'agglomération par extrusion a également été testée : sous l'effet du préchauffage et de la chaleur dégagée par la vis de compression,

la partie non carbonisée de la biomasse émet des goudrons qui provoquent l'agglomération sous forme de cylindres compacts et denses, commodes à transporter, à commercialiser et à utiliser.

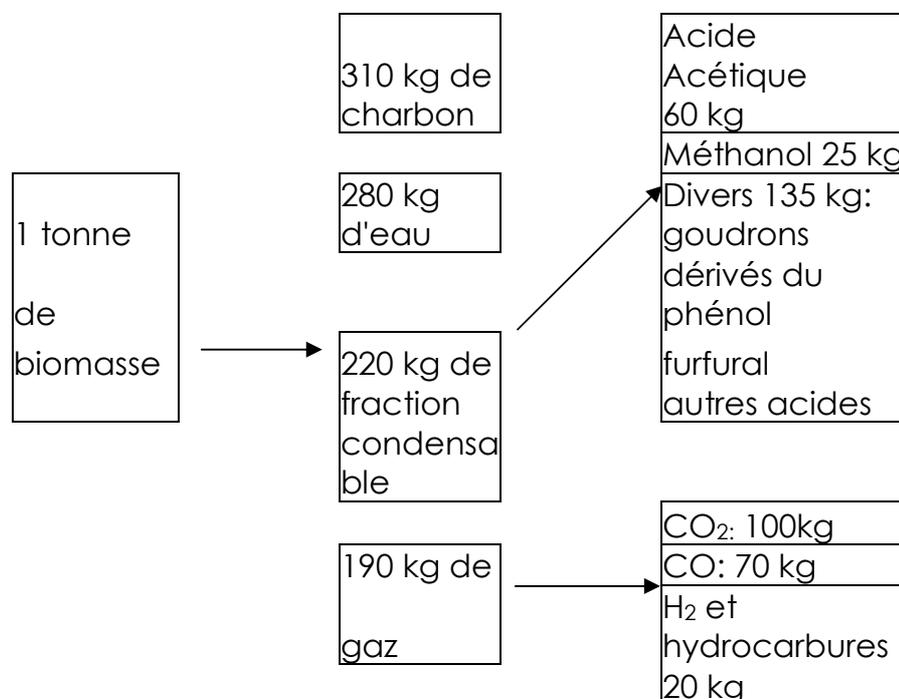
La production moyenne annuelle des balles de riz est de 6000 tonnes à partir desquelles l'on pourrait produire 2500 tonnes de charbon (rendement 40%) Avec un potentiel de Typha de l'ordre 200 000 tonnes de matière sèche, on obtiendrait une production annuelle de 64 000 tonnes de charbon avec un rendement 32%, couvrant une grande partie des quotas annuels de charbon de bois délivrés par le service forestier.

Si la carbonisation donne de bons résultats, quelques problèmes se posent pour l'agglomération d'autant qu'il n'est pas conçu d'agglomérateur spécifiquement destiné à la technologie. Au cours de l'exécution du projet pilote, c'est le goudron dégagé par la balle de riz chauffée et compressée qui a servi de liant à la poudre de charbon produit.

Dans le projet de développement, la recherche devra s'intéresser à la matière pouvant servir de liant pour lequel divers produits sont à présent testés (manioc, feuilles de baobab, rhizome de typha etc.)

Le pouvoir calorifique du charbon de biomasse produit à partir de cette technologie est estimé à 70-80% par rapport à celui du charbon de bois.

Teneur du charbon de biomasse



IV. 2. Technologie BASA

Cette technologie proposée par la firme suisse GENELTEC/BASA avec l'appui du projet PSACD/PERACOD, peut s'appliquer à divers forme de biomasse ; la coque d'arachide notamment.

Au Sénégal, la production moyenne annuelle d'arachide est de 800 000 tonnes. L'huile est le principal produit tiré de cette production; les pellets ou tourteau d'arachide destiné à l'alimentation du bétail constituent les produits secondaires issus du traitement industriel de l'arachide. Une faible quantité des coques sont actuellement utilisée par la société nationale des oléagineux pour la production d'électricité.

La technologie proposée consiste à carboniser l'important stock de coque d'arachide inutilisé pour la production de charbon de biomasse pouvant couvrir jusqu'à 50% des besoins nationaux en charbon.

Deux méthodes peuvent être utilisées

- la méthode dite de la meule où l'énergie devant chauffer la biomasse provient de la combustion d'une partie de la charge. Le rendement de production par cette méthode est de l'ordre de 32%
- la méthode de la cornue par laquelle le chauffage de la biomasse se fait par la combustion des sous-produits de pyrolyse avec un rendement pouvant atteindre 90%.

IV.3 Technologie Bio-terre

Le procédé a été développé par le Département du Génie Rural du Centre de Recherche Agronomique (CRA) de Gembloux. Le projet pilote a démarré en février 2004 à Ross Béthio en partenariat avec le PROGEDE, le CERER, le CRAT et la SAED.

La technologie consiste à fabriquer des boulets combustibles à partir de la balle de riz mélangée avec de l'argile,

Le processus de production des boulets combustibles est le suivant :

IV.3.1 Préparation

- les composants du mélange, biomasse et terre, sont broyés à la granulométrie requise. Eventuellement, le mélange est humidifié pour éviter un dégagement important de poussière.
- Les ingrédients, auxquels il est ajouté de l'eau, sont ensuite mélangés dans les proportions indiquées dans un mélangeur constitué par une bétonnière.

IV.3.2 Granulation

Un doseur mécanique ou un opérateur, au moyen d'une pelle, alimente les granulés, dans lesquels le mélange de matières granule en boulets qui sont ensuite éjectés lorsqu'ils atteignent la dimension voulue..

IV.3.3 Séchage

Les boulets fraîchement sortis des granulés subit un pré-séchage solaire de manière à éliminer au moins la moitié de l'eau utilisée pour la fabrication. Ce séchage est suivi d'un léger traitement thermique dans un séchoir à claies chauffé par combustion de biomasse.

Sortis du séchoir, après refroidissement partiel, les boulets sont conditionnés en sacs fermés hermétiquement, de manière à les conserver proches de l'état anhydre.

IV.3.4 Test d'acceptabilité

Des tests d'acceptabilités ont été menés en collaboration avec les groupements de femmes qui sont non seulement les principales consommatrices mais également sont intéressées dans la distribution du produit final. Le prix retenu pour la vente du charbon au consommateur est de 60FCFA ce qui est très compétitif au charbon de bois.

IV.4 TECHNOLOGIE "03 FUTS"

Des négociations sont en cours pour mettre en place une unité pilote de fabrication du charbon de typha à partir de la technologie "03 fûts" déjà expérimentés par le Mali.

V. CONCLUSION

La meule Casamance doit être aujourd'hui, largement diffusée malheureusement ce n'est pas le cas. L'économie de bois que procure cette méthode permet d'obtenir un gain important, eu égard à l'importance quantité de bois transformé chaque année en charbon de bois au Sénégal.

Aussi dans le cadre de la décentralisation, avec la responsabilisation des populations dans la gestion des ressources forestières, l'on devrait profiter des programmes de formation prévus à cet effet, pour mettre cette technique à la disposition des acteurs susceptibles d'être plus réceptifs, parce que ne pratiquant pas en ce moment une autre technique de carbonisation.

Toutes les technologies de valorisation de la biomasse sont actuellement en phase expérimentale et pilote. Des recherches plus approfondies permettraient la confirmation de la viabilité technique, économique et financière des différents procédés.