

République du Sénégal

**PROJET SENEGALO-ALLEMAND
COMBUSTIBLES DOMESTIQUES**

**ETUDE DE FAISABILITE D'UNE VALORISATION DES RESIDUS
AGRICOLES ET AGRO-INDUSTRIELS COMME
COMBUSTIBLES DOMESTIQUES AU SENEGAL**

Rapport de synthèse

Septembre 1998

**INGESAHEL
Groupement d'Ingénieurs Conseil du Sahel
30, rue Wagane DIOUF
B.P. 6418 DAKAR
Tél. (221) 821 89 12
E mail : ingesa@syfed.refer.sn**

SOMMAIRE

Introduction	1
Première partie : Situation actuelle de la filière des résidus agricoles et agro-industriels	3
1/Résidus végétaux agro-industriels	3
1.1. Coques d'arachide	3
1.2. Coques de palmiste	3
1.3. La Bagasse	4
1.4. Balles de riz	4
1.5. Sciures de bois	7
2/Résidus végétaux agricoles	8
2.1. Fanes d'arachide	8
2.2. Tiges de mil sorgho maïs	9
2.3. Pailles de riz	9
2.4. Tiges de coton	10
3/ Déchets animaux	10
3.1. Fumier de bovin, chevaux, ânes, petits ruminants (moutons, chèvres...).....	10
4/ Autres ressources ligneuses	11
4.1 Les aiguilles de filao	11
4.2 Le Pourghère	11
4.4 Les hautes herbes à faible valeur nutritive	12
5/ Les déchets municipaux	13
5.1 Les déchets non dégradables	13
5.2 Les déchets biodégradables	14
6/ Typologie des résidus les plus adaptés pour une valorisation en tant que combustibles domestiques	14
7. Caractéristiques énergétiques	15
Deuxième partie : ANALYSE DE FAISABILITE DE LA VALORISATION DES RESIDUS LES PLUS ADAPTES	15
8. Aspects techniques de l'utilisation des résidus	15
8.1. Présentation des techniques de valorisatio	15
8.2. Traitements nécessaires pour une utilisation comme combustible domestique	15
8.3. Technologies de traitement disponibles	16
8.4. Critères de choix technologiques	17
8.5. Investissements déjà réalisés au Sénégal.....	18
8.6. Equipements de cuisson disponibles	18

9. Aspects techniques de l'introduction des résidus agricoles et agro-industriels comme combustibles domestiques	18
9.1. Avantages et inconvénients de l'utilisation de nouveaux combustibles	18
9.2. Sécurité et santé dans la cuisine	18
9.3. Prestaige social	18
10. Aspects financiers et économiques de l'utilisation des résidus agricoles et agro-industriels comme combustible domestique	19
10.1. Investissements nécessaires	19
10.2. Compétitivité des nouveaux combustibles par rapport aux combustibles traditionnels	21
11. Aspects environnementaux de l'utilisation des résidus agricoles et agro-industriels comme combustibles domestiques	20
11.1 Impact sur la conservation des sols et l'agriculture	20
11.2. Aspects environnementaux du traitement.....	20
11.3. Aspects environnementaux de la combustion	20
12. Mesures d'accompagnement nécessaires	21
Conclusion et recommandations	22
A N N E X E S	24

INTRODUCTION

CONTEXTE DE L'ETUDE

Au Sénégal, les combustibles domestiques se composent du bois de feu, du charbon de bois et du gaz butane destiné à la cuisson des repas dans les ménages et dans la restauration.

Les combustibles ligneux (bois de feu et charbon de bois) représentent 56% de la consommation nationale de combustibles (bois 40%; charbon 16 %). Ils satisfont 90% des besoins énergétiques des familles.

Cette forte consommation de combustibles ligneux a des conséquences graves qui se traduisent par la dégradation des ressources forestières.

En zone rurale la satisfaction des besoins énergétiques est assurée pour une bonne partie par le bois collecté, à partir du défrichage et du bois mort.

En zone urbaine également, la satisfaction des besoins énergétiques représente un prélèvement sur les ressources forestières du même ordre de grandeur que les zones rurales.

Si les zones rurales opèrent des prélèvements diffus sur le capital ligneux du pays, l'approvisionnement des villes entraîne, par contre, une exploitation intensive concentrée et plus destructive des formations forestières.

Certains résidus agricoles et agro-industriels pourraient devenir des sources d'énergie et nécessitent qu'on trouve les solutions de leur valorisation comme combustibles domestiques.

C'est dans cette préoccupation majeure que s'inscrit la présente étude qui a pour but de cerner la faisabilité d'une valorisation de certains résidus agricoles et agro-industriels de même que certains déchets municipaux, comme combustibles domestiques au Sénégal.

Objectifs de l'étude

L'étude poursuit les objectifs suivants:

- ✓ évaluer les potentialités et la disponibilité des résidus agricoles et agro-industriels au Sénégal,
- ✓ étudier les méthodes et circuits actuels de valorisation des résidus agricoles et agro-industriels,
- ✓ déterminer les quantités disponibles au plan national et par zone géographique, pour une utilisation comme combustibles domestiques,
- ✓ évaluer la faisabilité technique, sociale, financière, économique et environnementale d'une valorisation des résidus agricoles et agro-industriels comme combustibles domestiques,
- ✓ développer des propositions pour la mise en œuvre d'une telle politique.

Méthodologie et déroulement de la collecte des données de base

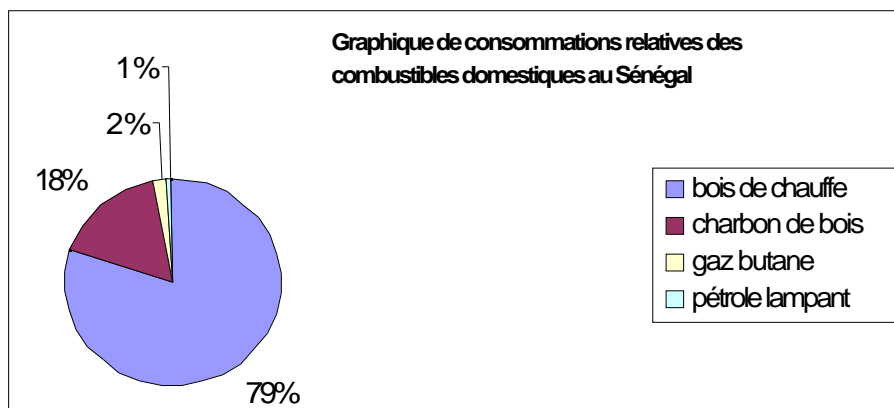
La collecte de données effectuée par une équipe de 5 experts (un statisticien, un ingénieur énergétique, deux sociologues et un économiste) a consisté :

- ✓ d'abord en une compilation de la documentation existante (statistiques des secteurs agricoles et agro-industriels, rapports et notes auprès des départements ministériels et institutions nationales et internationales notamment : la DAST, les Directions de l'Energie, de l'Environnement, de l'Agriculture, l'ISRA, le CERER, la CTS, le CSE, etc.) et auprès des organismes internationaux (FAO, BIT, UNESCO, ENDA, CIRAD, ORSTOM).
- ✓ Ensuite, des interviews auprès des responsables de toutes les structures concernées et une collecte de données de terrain dans toutes les régions du Sénégal, auprès notamment des sociétés de développement telles que la SODEFITEX (Tambacounda et Kolda), SAED (Saint-Louis), les Inspections régionales et départementales des Eaux et Forêts, les services régionaux de l'agriculture, des sociétés agro-industrielles telles la SONACOS, et ses structures régionales, la Compagnie Sucrière Sénégalaise, la Société « Delta 2.000 à Saint-Louis.

- ✓ Et enfin des enquêtes semi-directives informelles auprès des populations pour compléments ou recoupements d'informations (par exemple auprès de certaines ménagères à Saint-Louis pour cerner leurs opinions sur les briquettes et charbon de balles de riz) ; certains présidents de communautés rurales et certaines personnes ressources.

Le sous-secteur des combustibles domestiques

Les combustibles domestiques utilisés aujourd'hui au Sénégal sont: le bois de feu, le charbon de bois, le gaz butane et aussi le pétrole lampant.



Parmi les moyens retenus pour limiter les prélèvements de bois énergie et sauver la forêt sénégalaise (foyer amélioré, tourbe, butane) seule la butanisation a donné des résultats tangibles.

Le gaz pénètre fortement en ville, sans toutefois faire disparaître l'utilisation du charbon de bois car le comportement des consommateurs urbains est marqué par l'utilisation de plusieurs combustibles, souvent de manière concomitante.

Il semble qu'à l'heure actuelle les pouvoirs publics envisagent la suppression de la subvention sur le gaz pour appliquer la "vérité des prix"⁽³⁾. Face à cette situation qui risque de diminuer le niveau de consommation de gaz et d'aggraver la pression sur les ressources ligneuses, force est de faire appel au génie créateur Sénégalais pour la valorisation de certains résidus agricoles, agro-industriels et ménagers. En effet, ces résidus constituent jusqu'à nos jours des sources potentielles d'énergies non exploitées. Leur valorisation permettra de mettre sur le marché de nouveaux types de combustibles domestiques pouvant être acceptés par les ménages.

⁽³⁾ Source : Entretien avec le chef de la cellule des combustibles domestiques de la Direction de l'Energie.

Première partie : SITUATION ACTUELLE DE LA FILIERE DES RESIDUS AGRICOLES ET AGRO- INDUSTRIELS

1. RESIDUS VEGETAUX AGRO-INDUSTRIELS

1.1 Coques d'arachide

La coque d'arachide est le principal déchet obtenu après décorticage de l'arachide.

Selon l'étude de COWICONSLT¹ la coque d'arachide est le sous-produit agricole le plus important au Sénégal compte tenu du volume de la production arachidière.

La coque d'arachide représente 20 à 32% du poids de gousses².

Les **potentialités** actuelles en coques d'arachide sont estimées à quelques 197.60 tonnes (estimation pour l'année 1995-96)

Les **disponibilités** à des fins énergétiques sont évaluées à quelques 40.000 tonnes (chiffres de 1996-97 constitués de :

- 30.000 tonnes décortiquées par la SONACOS pour faire tourner ses huileries qui ne tournent qu'à 1 dixième de leur capacité (300.000 tonnes)
- 10.000 tonnes supplémentaires achetées par la SONACOS auprès des décortiqueries traditionnelles

Utilisation comme combustibles : On peut dire que toutes les disponibilités comme combustibles sont entièrement utilisées par la SONACOS pour le fonctionnement de ses chaudières pendant seulement une partie de l'année. Sinon pendant le reste de l'année c'est le fuel qui est utilisé pour le fonctionnement des chaudières. Ceci signifie que les disponibilités ne suffisent même pas pour les besoins actuels des usines de la SONACOS.

Utilisation concurrente : Les utilisations concurrentes faites sur les coques disponibles auprès des décortiqueries traditionnelles sont les suivantes :

- utilisation comme compost (très prisée par les maraîchers) qui concurrencent sérieusement l'utilisation énergétique
- utilisation dans l'aviculture comme litière
- utilisation dans le fumage du poisson

Disponibilités pour de nouvelles valorisations comme combustibles domestiques : elles paraissent extrêmement faible car les utilisations concurrentes sont nombreuses et la SONACOS n'en a même pas suffisamment pour faire tourner ses chaudières, et toute valorisation à partir des résidus des décortiqueuses traditionnelles dispersées et de petite taille occasionnerait des coûts élevés de collecte et de transport.

Faisabilité d'une nouvelle valorisation comme combustibles domestiques : Par conséquent à l'heure actuelle tout projet de valorisation de la coque d'arachide comme combustible domestique s'avère non faisable. Toutefois, les faibles disponibilités qu'on pourrait trouver dans certaines localités, auprès des décortiqueries villageoises, pourraient être utilisées complément d'autres résidus ciblés principalement dans la fabrication de charbon de biomasse et de briquettes non carbonisées.

1.2 Coques de palmiste

Les coques sont issues du concassage des noix après extraction de l'huile de palme. La noix de palmiste sert à produire de l'huile de palmiste. La coque de palmiste récupérée est souvent utilisée comme combustible

¹ Etude d'une utilisation efficace des déchets agricoles comme fuel domestique au Sénégal réalisée en 1984 par COWICONSLT, Bioteknisk Institut et ORGATEC

² Selon l'étude de 1977 du Ministère français de la coopération .Evaluation des énergies nouvelles pour le développement des Etats africains. SEMA.

dans la fabrication artisanale de l'huile de palmiste. La SONACOS de Ziguinchor l'utilise parfois comme combustible dans ses chaudières.

Les potentialités sont de plus en plus faibles : de 2.267 tonnes en 1992, elles n'étaient que de 336 tonnes en 1995. Les raisons sont imputables à la sécheresse et à la remontée de la langue salée en Casamance et une insuffisance de régénération des palmiers à huile.

Aux faibles potentialités ci-dessus décrites correspondent de très faibles disponibilités d'ailleurs presque entièrement utilisées par les femmes qui préparent l'huile de palme, et aussi par la SONACOS de Ziguinchor qui utilisent les coques de palmiste chaque fois qu'elle en dispose.

Aucune utilisation concurrente des coques c'est-à-dire à des fins non énergétiques n'a été signalée.

Suite aux utilisations artisanales comme combustible dans la préparation de l'huile de palme et aux faibles potentialités, il ne resterait aucune disponibilité pour de nouvelles valorisations comme combustible domestique.

Compte tenu de l'absence de disponibilités, il s'ensuit que tout projet d'une nouvelle valorisation des noix comme combustible domestique s'avère non faisable.

1.3. La Bagasse

La bagasse est le premier résidu de la canne à sucre, après extraction du jus trouble sucré.

On obtient environ 300 kg de bagasse (à 45 % d'eau) par tonne de canne.

La potentialité et la disponibilité de bagasse au niveau de l'usine de la CSS de Richard Toll s'évalue à 250.000 tonnes environ (campagne 1996-97)

Utilisation comme combustible : La bagasse est utilisée dans sa totalité en tant que source énergétique dans les chaudières de la CSS pour le fonctionnement de l'usine de traitement du sucre. La production de bagasse ne suffit même pas à satisfaire les besoins énergétiques annuels de l'usine.

Il n'existe pratiquement pas, à l'heure actuelle, d'utilisation concurrente de la bagasse au Sénégal.

Toutefois, dans le passé, des essais de compostage avaient été tentés mais, également, sans suite.

Les disponibilités actuelles ne suffisant même pas aux besoins actuels de l'usine, il s'ensuit qu'il n'existe aucune disponibilité pour de nouvelles valorisations comme combustibles domestiques.

Les résultats des enquêtes ayant abouti à une insuffisance de disponibilité de bagasse pour de nouvelles valorisations, il s'en suit que tout projet de valorisation de la bagasse comme combustible domestique s'avère non faisable.

1.4. Balles de riz

La balle de riz est constituée par la coque du riz. C'est un résidu important issu des unités de décortilage des rizeries.

Selon les variétés le pourcentage de balles extraites lors du décortilage par les meules ou les décortiqueuses à rouleaux se situe entre 20 et 25% selon les données collectées au niveau de la SAED.

Potentialités : Les balles de riz sont riches en cellulose et en cendre en particulier en silice (teneur en SiO₂ évaluée à 20% - voir tableau ci-dessous -). Mais les balles de riz présentent un faible taux de digestibilité, ce qui explique qu'elles ne seront pas utilisées pour l'alimentation du bétail.

Composition chimique de la balle de riz (en % du poids)

Matière sèche	Matière protéique brute	Cellulose	Matière grasse	Matière minérale totale = Cendre	Silice	Calcium	Phosphore	Magnésium	Potassium	Nutriments digestibles totaux
90,3	2,6	38,2	0,4	20,3	19,1	0,09	0,05	0,05	0,44	10,1

Source : Collection Technologie et Développement N°5 : Biomasse : comparaison des valorisations des sous-produits agricoles-GRET 1979

C'est face à l'abondance des balles de riz au niveau des rizeries et aux coûts occasionnés par leur enlèvement qu'est venue l'idée de les valoriser comme combustible.

C'est ainsi que la société DELTA 2000 spécialisée dans le décortilage du riz a testé le procédé de valorisation sous forme de briquettes combustibles.

Ce test a montré que ce produit semble convenir à une utilisation domestique à un coût abordable pour les ménages.

Les **potentialités** en balles de riz s'évaluent à 31.030 tonnes (base 1995-96) se répartissent comme suit selon les régions de production :

Saint-Louis :	63,2%	Kaolack :	1,3%	Fatick :	0,9%
Kolda :	16,1%				
Ziguinchor :	14,4%				

Les **disponibilités** en balles de riz issues des rizeries industrielles s'évaluent à 7.840 tonnes environ, correspondant à celles issues des rizeries de la région de Saint-Louis.

Utilisation comme combustible : Hormis l'utilisation occasionnelle par la SONACOS qui déplore le taux de cendre trop élevé, la seule utilisation des balles de riz comme combustible domestique jusqu'à nos jours correspond à l'expérience de la société Delta 2000 dans la région de Saint-Louis.

Procédé de briquetage de Delta 2000 :

Le promoteur de Delta 2000 a importé un matériel (agglomérateur) d'origine Taïwanaise* qui permet de faire les briquettes.

La balle de Paddy est d'abord préchauffée pour obtenir une matière dont le taux d'humidité n'excède pas 20%

Elle est ensuite comprimée par une vis sans fin dans un cylindre chauffé par des résistances électriques

Le produit se présente sous forme de boudin hexagonal d'un diamètre de 10 cm que l'on peut facilement couper à la longueur désirée.

La combustion des briquettes est proche de celle du charbon de bois une fois que les flammes de début d'allumage (qui durent 5 à 10 minutes) se sont éteintes.

L'allumage est cependant plus difficile qu'avec le charbon de bois.

Le pouvoir calorifique des briquettes serait de 5000 kilocalories par kilogramme contre 7000 pour le charbon de bois.

Commercialisation des briquettes: Durant l'année 1994 plus de 100 tonnes de briquettes ont été produites à titre expérimental et une bonne partie a été vendue.

Les ventes ont été réalisées soit par le réseau de grossistes de la société de Delta 2000, soit par des revendeurs contactés à cet effet ou à l'occasion de la FIDAK.

Le prix de vente des briquettes avait été fixé à 40 francs CFA⁽¹⁾ le Kilogramme. Mais un certain nombre de revendeurs n'ont pas respecté ce prix qui est souvent allé jusqu'à 90 francs CFA le Kg. Ce qui a nuit à la compétitivité du produit.

Utilisation concurrente : Il n'en existe pratiquement pas. Les balles de riz deviennent encombrants au niveau des rizeries.

Disponibilité pour de nouvelles valorisations comme combustible domestique : Il faut dire que le disponible évalué à 7842 tonnes n'a jamais été complètement utilisé par la société Delta 2000 pour la fabrication de briquettes. En effet durant l'année 1994 la société Delta 2000 a produit à titre expérimental un peu plus de 100 tonnes de briquettes dont une bonne partie a été vendue. Mais les ménages commençaient à remettre en cause la qualité des briquettes à cause de la fumée qui se dégage

Aujourd'hui, le promoteur de Delta 2000 a mis fin à la production de ces briquettes en attendant de réaliser sous peu un nouveau projet en joint-venture avec l'ONG PRO-NATURA-International afin d'améliorer la qualité du combustible.

Le nouveau projet de Delta 2000/PRONATURA consiste en la fabrication de charbon appelé «charbon biomasse» à partir des balles de riz, en incorporant au processus de briquetage un carbonisateur et un agglomérateur. Le produit obtenu qui devrait être similaire au charbon de bois devrait présenter une meilleure acceptation auprès des ménages.

Faisabilité d'une valorisation des balles de riz comme charbon de biomasse

Cette valorisation s'avère faisable sur le plan technique, social et financier, bien qu'on déplore toujours quelques dégagements de fumée avec le charbon de biomasse.

* cet agglomérateur a été commandé auprès de la Société RADEMETAL INDUSTRIAL

⁽¹⁾ Parité du DM – IDM = 335 FCFA

Faisabilité technique : La faisabilité technique est assurée par le matériel de production présenté par Delta 2.000, le personnel proposé et les espèces végétales qui vont être utilisées

Le carbonisateur Pro-Natura.

Descriptif du prototype : Hauteur :2,4 m ; Longueur 4 m ; Largeur 1,8m ; Poids :1200Kg

Il est constitué d'un assemblage de deux cylindres dont l'espace annulaire est occupé par un échangeur thermique alimenté par un ventilateur de faible puissance(voir schéma du chapitre 8.3, 2^{ème} partie). Le cylindre intérieur (cornue) comprend un agitateur accouplé à un moto-réducteur, qui assure le transport de la biomasse. Le préchauffage se fait par un brûleur alimenté en gaz ou en gasoil, puis le chauffage est assuré uniquement par la combustion des gaz de pyrolyse mélangés à de l'air chaud provenant de l'échangeur.

Descriptif du procédé : Le biocarbonisateur est préchauffé jusqu'à 500°C pour la paille et 650°C pour la balle de riz. Une fois que la température est atteinte, la machine est alimentée en biomasse. La carbonisation de celle-ci produit une quantité de gaz suffisante pour maintenir cette température pendant toute la production. L'avancement et l'extraction de la matière en cours de carbonisation se font grâce à un agitateur. Le produit (charbon) sortant de la cornue se présente sous forme de fines particules végétales carbonisées qu'il faut agglomérer pour obtenir un combustible prêt à l'emploi.

Ce prototype expérimental a fonctionné de façon satisfaisante et a démontré la fiabilité du procédé. La combustion des gaz de pyrolyse, notamment, facile à observer par un hublot vitré disposé sur la chambre de combustion, s'effectue de façon continue et régulière.

L'agglomérateur «delta 2000 » : Son principe consiste en un préchauffage de la matière traitée soumise ensuite à une forte compression par vis qui provoque l'agglomération. Sa capacité de production est de 150 Kg /h pour la biomasse carbonisée.

Cet agglomérateur a été conçu pour des produits non carbonisés et offrant une consistance solide (balle de riz, copeau de bois), alors que le charbon de biomasse, pulvérulent, n'offre pas assez de résistance à la compression pour pouvoir être aggloméré. Le mélange de charbon de biomasse et de balle de riz non carbonisé offre plus de résistance et donne le comportement suivant : sous l'effet du préchauffage et de la chaleur produite par la compression, la partie non carbonisée du mélange émet des gaz de pyrolyse et des goudrons qui font office de liant et provoquent l'agglomération de l'ensemble.

Plusieurs taux de mélange ont été essayés. C'est le mélange : 30 % de balle de riz non carbonisé, 70% de charbon de balle de riz qui a donné les meilleurs résultats : chauffage rapide, longue ébullition, très peu de fumée.

Faisabilité sur le plan social : Le test de consommation et l'enquête sociale réalisée par la SAED et qui donnent les résultats suivants :

Réaction et opinion des femmes : il en ressort que ce combustible s'insère tout naturellement dans les habitudes culinaires des familles à revenu moyen et faible.

la quantité de charbon de biomasse utilisée est de 20 à 30% supérieure à celle du charbon de bois pour le même usage.

on constate une fumée qui se dégage lors de sa mise à feu et une légère difficulté de mise à feu par rapport au charbon de bois de bonne qualité.

mais une qualité de cuisson plus rapide et plus constante que le charbon de bois. Cela doit être dû à la plus grande densité du charbon de biomasse en raison de son agglomération par compression. Les résidus de braise restant plus longtemps incandescent par rapport au charbon de bois permettent une utilisation complémentaire (thé, repas, encens).

Faisabilité économique et financière : Estimation du prix de revient d'un kilogramme de

charbon de biomasse : Cette approche est basée sur le coût d'investissement d'un carbonisateur conçu spécialement pour la balle de riz, construit localement, et sur les performances attendues d'une unité de carbonisation à savoir :

• Coût d'investissement du carbonisateur.....	5.000.000 F CFA
• Durée d'amortissement	5 ans
• Production de charbon	200 Kg/h
• agglomérateur à vis + pièces de rechanges...	7800000 F CFA
• durée d'amortissement	5 ans
• capacité de production.....	40 tonnes de charbon par mois (capacité de production du carbonisateur)

• capacité d'usinage de paddy pour une rizerie...	20000 tonnes/an
• taux de rejet en balle de riz	20%
• main d'œuvre	250000 F CFA/mois
• coût de maintenance annuelle.....	500000 F.CFA/ans
• coût de fonctionnement en électricité + gaz ...	3310 F.CFA(pour 100 Kg/h de charbon)
• emballage et sacherie.....	5 F CFA/Kg
• taxes divers d'usinage.....	1 F CFA/Kg

La production estimée pour 8 heures de fonctionnement et 25 jours de travail par mois est de 480 tonnes de charbon par an.

L'amortissement du carbonisateur et accessoire sera de ...	2,08 F CFA/Kg
La main d'œuvre représentera	3,2 F CFA/Kg
La maintenance sera de	2,1 F CFA/Kg
Coût de fonctionnement du gaz et électricité	3,31 F CFA/Kg
L'amortissement de l'agglomérateur	3,25 F CFA/Kg
Emballage et sacherie	5 F CFA/Kg
Taxe divers d'usinage.....	1 F CFA/Kg
Charge de fonctionnement divers.....	2 F CFA/Kg
Valorisation de la balle de riz	5 F CFA/Kg

Le prix de revient d'un Kg de charbon de biomasse26,94 F CFA/Kg arrondi à 27 FCFA/Kg.

Le personnel représentant la main d'œuvre sera au nombre de 4 dont un technicien professionnel payé à 125000 FCFA le mois et 3 manœuvres à raison de 1500 FCFA/J.

En admettant que la marge bénéficiaire de l'industriel est de 10 FCFA/Kg de charbon de biomasse, le prix de vente à l'usine sera de **37 FCFA/Kg** arrondi.

Pour une marge des intermédiaires estimée à 23FCFA/Kg, le prix de charbon de biomasse reste très compétitif sur le marché quand il est vendu à **60 FCFA le Kg**.

Des modifications peuvent être apportées au carbonisateur destiné à la biomasse «tout venant » notamment à l'entrée, pour en améliorer le débit et à la sortie du charbon pour la rendre plus commode et réduire la fumée.

Cependant, au vu des résultats obtenus on peut d'ores et déjà affirmer que le charbon de biomasse trouvera d'ores et déjà sa place parmi les énergies de substitution renouvelable conformément à l'analyse des économistes : à chaque combustible son marché.

La valorisation de la balle de riz et des autres variétés de biomasse tel que le roseau «typha » ou la tige de coton, les tiges de mil, maïs et sorgho amènera la création d'emplois temporaires rémunérés en milieu rural pour le ramassage et le transport.

Pour la ménagère, malgré les incommodités de départ pour la mise à feu, le charbon de biomasse assure une économie très significative pouvant indéniablement augmenter son pouvoir d'achat.

1.5 Sciure de bois

C'est un résidu provenant du sciage du bois. Il se présente presque sous forme de poudre. On le trouve principalement et en quantité assez importante au niveau des scieries.

Les sciures de bois et copeaux sont considérés au niveau des scieries comme des déchets et sont évacués le plus souvent dans des décharges publiques.

Au niveau des quartiers on trouve de petites scieries et des menuiseries. Les menuiseries produisent très peu de sciures ou presque pas, mais plutôt des copeaux ramassés et utilisés par les ménagères pour allumer les fourneaux de charbon de bois (fourneaux malgaches).

Les potentialités en sciures au niveau national restent inférieures à 8.000 m3 par an, et vont en diminuant dans le temps. Cela s'explique par la diminution, année après année, du volume de bois d'œuvre importé et produit localement.

Disponibilités : L'évaluation faite comme potentiel en sciures de bois correspond en fait au disponible car elle porte sur les déchets rejetés.

N.B.: Le projet bénéficie de certains avantages liés à la rizerie, ce qui fait que certains investissements n'apparaissent pas : il s'agit, par exemple, des moyens de transport, des bâtiments, etc...

Les responsables des scieries affirment n'avoir à leur niveau aucune utilisation des sciures de bois car elles ne disposent pas de machines pour faire des panneaux de particules. Ces coûtent chères de plus, les quantités de sciures ne sont pas importantes. Ils ne sont pas sûres que le produit (panneau) sera accepté par les Sénégalais à la place des planches de bois.

Utilisation comme combustible : L'utilisation la plus répandue des sciures de bois comme combustible est celle faite par les ménagères. En effet celles qui utilisent la sciure disposent de fourneaux spécialement conçus pour la combustion de la sciure. Aujourd'hui, cette utilisation a beaucoup diminué avec l'apparition du gaz et aussi à cause de la diminution des disponibilités en sciures.

Utilisation concurrente : Les utilisations concurrentes de la sciure, c'est à dire à des fins non énergétiques sont les utilisations faites par :

- les aviculteurs comme litière
- les mareyeurs pour la conservation de la glace.
- les clubs hippiques comme litière.
- les garagistes pareillement comme litière.
- et parfois même les horticulteurs pour faire du compost.

Disponibilités pour de nouvelle valorisation comme combustible

Même les responsables des scieries estiment que la quantité de sciures obtenue par les scieries n'est pas très importante pour nécessiter à leur niveau une quelconque valorisation.

De même les ménagères n'en disposent pas suffisamment pour les fourneaux de sciures. Les disponibilités actuelles non importantes semblent se limiter aux usages actuels :

- Energétiques (fumage du poisson et utilisation par certaines ménagères dans les fourneaux à sciure).
- Non énergétique (dans l'aviculture, le mareyage, les clubs hippiques, les grands garages, les horticultures).

Il ressort de ces considérations qu'il n'existe pas suffisamment de disponibilités pour de nouvelles valorisations des sciures de bois comme combustible

Faisabilité d'une nouvelle valorisation des sciures comme combustible domestique :

Compte tenu de la faiblesse des disponibilités en sciure, un projet d'envergure pour la valorisation de la sciure comme combustible s'avère non faisable.

Toutefois, les faibles disponibilités qu'on pourrait trouver dans certaines localités, auprès des scieries et des menuiseries, pourraient être utilisées dans la fabrication de charbon de biomasse ou de briquettes non carbonisées, avec d'autres résidus ciblés principalement.

2. RESIDUS VEGETAUX AGRICOLES

2.1 Fanes d'arachide

La fane est composée des tiges et des feuilles de la plante d'arachide obtenue après récolte des graines. La fane est principalement utilisée pour l'alimentation animale (ovins, bovins, caprins équins, ainsi etc...). D'importantes quantités de fanes sont obtenues après la récolte de l'arachide.

Actuellement la demande de la fane d'arachide semble supérieure à l'offre, si bien que les prix de vente des fanes sont à la hausse (à titre d'exemple, le sac de 25 kg de fanes est vendu en période de soudure à environ 2700 francs à Dakar).

le potentiel disponible de fanes d'arachide peut être évalué à 2.372.000 tonnes environ au niveau national. Une grande partie de ces fanes est auto-consommée ; l'autre partie commercialisée.

Les disponibilités correspondent à la partie commercialisée mais celle-ci n'est pas quantifiée.

Mais les enquêtes ont révélé que toutes les disponibilités vont vers l'alimentation du bétail.

Utilisation comme combustible : Il n'existerait à l'heure actuelle aucune utilisation des fanes comme combustible

Il ressort des considérations qui précèdent, qu'il n'existerait aucune disponibilité pour de nouvelles valorisations comme combustible. Car même si cela se faisait, le prix du combustible obtenu ne serait guère accessible aux ménages.

Compte tenu de la non-disponibilité des fanes d'arachide comme combustible, on peut dire que le projet d'une valorisation des fanes comme combustible n'est pas faisable.

2.2. Tiges de mil, sorgho, maïs

Aussi bien pour le mil que pour le sorgho de même que pour le maïs, les tiges constituent les résidus végétaux qui restent dans les champs de culture après la récolte. En général elles se puis sont récupérées en partie pour servir à la construction de toiture ou de palissade (habitation rurale).

Traditionnellement les tiges servaient uniquement à la construction des habitations rurales et surtout les palissades entourant les maisons, mais en raison de la sécheresse persistante une partie des feuilles et des tiges sont aujourd'hui de plus en plus utilisée comme fourrage.

La potentialité en matière de paille et de tiges de mil, sorgho et de maïs est évaluée à environ 4.000.000 tonnes. Ce qui constitue un potentiel énorme avec une tendance générale à la hausse.

Le potentiel énorme que nous venons d'évaluer pourrait être disponible dans la mesure des capacités de ramassage et de transport.

L'utilisation de ces tiges comme combustible est traditionnellement peu fréquente. On n'y a recours qu'en cas de pénurie réelle de bois de chauffe.

Utilisations concurrentes : Elles sont nombreuses. Les pailles de mil et de sorgho sont utilisées pour l'alimentation animale quand elles sont laissées dans les champs. Les animaux mangent la totalité des feuilles et la partie tendre des tiges de mil. Les pailles de mil et de sorgho peuvent être utilisées comme moyen de lutte contre l'érosion et l'ensoleillement. Après la récolte les tiges de mil sont couchées sur le sol, cette technique permet aussi de restituer au sol sa fertilité grâce à l'action des termites.

Elles sont aussi utilisées comme moyen de minéralisation des sols une fois brûlées. Elles sont aussi utilisées dans l'habitat pour la construction de cases et de palissade. Cette utilisation est l'une des plus courantes.

Enfin la technique la plus récente consiste à enrichir la paille à l'urée⁽¹⁾ et à les utiliser comme aliment. Cette technique est de plus en plus utilisée par les emboucheurs.

Il est à noter, par ailleurs, que la carcasse de maïs, au niveau des industries agro-alimentaires comme la SENTENAC, n'est pas rejetée comme déchet. En effet, elle est réincorporée dans les aliments de bétail et de volaille.

Disponibilités pour de nouvelles valorisations comme combustible : les disponibilités existent réellement ; leur seule limite serait les capacités de ramassages et de transport. En effet après les utilisations non énergétiques cités les restes des tiges de mil , sorgho, maïs sont souvent brûlés dans les champs afin de s'en débarrasser.

Faisabilité de la valorisation des tiges de mil, sorgho, maïs comme combustible

La meilleure valorisation des tiges de mil, sorgho et maïs que nous entrevoyons est celle relative à l'expérience de la Société Delta 2000 (charbon de biomasse et briquettes non carbonisées) qui si elle réussissait devrait être généralisée à plusieurs régions.

2.3. Pailles de riz

La paille de riz est le résidu obtenu après la récolte du riz et qui est constituée de feuilles et de tiges. Les pailles de riz sont de plus en plus utilisées comme fourrage. Lorsque la paille est fraîche, elle est bien acceptée par les animaux malgré son taux élevé de silice. La paille sèche est moins agréable en raison de sa dureté et de sa grossièreté, elle est aussi coupante pour les muqueuses.

Potentialités : La production nationale de paille de riz s'évaluerait à 217.212 tonnes. 63 % de cette production est localisée dans la région de Saint Louis, 16% dans la région de Kolda, 14% dans la région de Ziguinchor. Le reste qui est très faible est réparti entre Tamba (3,9 %), Kaolack (1,3 %) et Fatick (0,9 %).

En principe tout le potentiel est disponible. Tout dépend des capacités de ramassage, de transport et de stockage.

Utilisations comme combustible : Il n'a été signalé aucune utilisation actuelle des pailles de riz comme combustible au Sénégal.

(1) Urée : Engrais azote d'origine industrielle

Utilisations concurrentes : L'utilisation concurrente la plus connue est le fourrage. Mais cette utilisation comme fourrage ne semble pas entamer de beaucoup les disponibilités. Il y a aussi l'enfouissement dans le sol, mais cette pratique n'est pas très développée dans la région de Saint-Louis où l'on pratique davantage l'utilisation des intrants agricoles.

Disponibilités pour de nouvelles valorisations comme combustible : Elles existent réellement. Elles ne dépendent que des capacités de ramassage, de transport et de stockage.

Faisabilité d'une valorisation comme combustible domestique : Il ressort de nos analyses que deux types de valorisations sont possibles avec la paille de riz. Il s'agit de leur transformation en charbon de biomasse et en briquettes non carbonisées.

2.4. Tiges de coton

Les tiges de coton sont les résidus restant dans les champs après la récolte du coton. En général il n'y a aucune utilisation de ces déchets et les paysans avaient l'habitude de les brûler sur les champs pour détruire les parasites qui se développent dans la plante et pour libérer les surfaces à cultiver.

Potentialités : Les potentialités en tiges s'évaluent à 52.000 tonnes. En général, les tiges ne sont pas lourdes mais encombrantes.

Disponibilités : tout le potentiel en tiges de coton pourrait être disponible si les moyens de collecte, de transport et de stockage sont mis en œuvre, pour leur valorisation.

Utilisations comme combustible : En général les tiges de coton ne sont pas utilisées comme combustibles sauf s'il y a pénurie réelle de bois de chauffe. Sinon les tiges sont détruites par brûlage dans les champs.

Aucune utilisation concurrente (c'est à dire à des fins non énergétiques) ne nous a été signalée.

Disponibilités pour de nouvelles valorisations comme combustible : Il ressort de ce qui précède que les disponibilités existent pour de nouvelles valorisations comme combustible sous réserve que les moyens de collecte, de transport et de stockage soient mis en œuvre avant les prochains semis.

Faisabilité d'une valorisation comme combustible domestique : Là aussi, deux types de valorisations sont possibles avec les tiges de coton; il s'agit de leur transformation en charbon de biomasse et en briquettes non carbonisées.

3. DECHETS ANIMAUX

3.1 Fumier de bovins, chevaux, ânes, petits ruminants (moutons, chèvres,...)

Les déchets animaux existent dans toutes les régions du Sénégal. La grande contrainte qui existe pour l'heure est leur dispersion dans l'espace à cause du caractère extensif prédominant de l'élevage au Sénégal.

Potentialités: Les potentialités existent en rapport avec le cheptel estimé en 1994 par exemple ; à :

2,760 millions de têtes de bovins	* 434.000 chevaux
3,821 millions de têtes d'ovins	* 366.000 ânes
3,213 millions de têtes de caprins	* 5.000 chameaux
161.000 porcins	* 15 millions de volailles

Disponibilités : Le potentiel de déchet pourrait être disponible pour tous usages confondus; pourvu que les moyens de collecte et de transport existent.

Utilisation comme combustible : Elle n'est pas fréquente mais toutefois en milieu rural en cas de pénurie de bois de chauffe, les bouses de vache sont utilisées comme combustible.

Utilisations concurrentes : Elles sont :

- D'abord l'utilisation comme fertilisants des sols de culture.
- Ensuite: comme enduits dans la construction des habitations.
- L'utilisation comme fertilisant est la plus fréquente.

Disponibilités pour de nouvelles valorisations comme combustible

La seule valorisation nouvelle des résidus animaux serait leur utilisation dans les biodigesteurs pour la production de biogaz. Cette utilisation ne concurrence pas trop l'utilisation directe comme fertilisant. En effet après la production de biogaz, le résidu du biodigesteur est un compost de bonne qualité pour la fertilisation des sols.

Faisabilité d'une valorisation des déchets animaux comme combustible : Cette valorisation est faisable surtout dans les lieux d'élevage intensif.

4. AUTRES RESSOURCES LIGNEUSES

4.1 Les aiguilles de Filao

Les aiguilles de Filao qui nous intéressent particulièrement sont les chutes d'aiguilles (feuilles de Filao) qui jonchent et tapissent le sol dans les plantations de Filao. Parfois elles constituent des couches épaisses empêchant toute régénération car les graines qui tombent n'atteignent pas le sol et n'arrivent pas à germer.

Les responsables des Eaux et Forêts estiment que la litière naturelle que constituent les aiguilles de Filao doit être enlevée pour permettre à la forêt de Filao de régénérer.

Ainsi toute mise en valeur de ces aiguilles de Filao présente un double intérêt.

Potentialités : On trouve les forêts de Filao sur la bande côtière (littoral) de Dakar à Saint-Louis, dans les Niayes, vers Mbour. On peut évaluer le potentiel annuel à 63000 tonnes. Ce potentiel, comparé à celui des tiges de mil, sorgho et maïs (quatre millions de tonnes) paraît faible mais non négligeable.

Disponibilités : Les aiguilles de filao qui jonchent le sol sont toutes disponibles en tant qu'aiguilles sauf la partie qui est transformée en humus.

Utilisations comme combustible : Les aiguilles de filao sont utilisées comme combustible pour le fumage artisanal du poisson dans les zones où on produit le poisson fumé.

Utilisations concurrentes : L'utilisation la plus importante est constatée dans le maraîchage et l'horticulture.

Disponibilités pour de nouvelles valorisations comme Combustible : Suite à l'utilisation d'abord comme combustible par les maraîchers et horticulteurs et pour le fumage de poisson, il apparaît qu'il serait difficile d'envisager de nouvelles valorisations comme combustibles domestiques. En effet les disponibilités restantes seraient négligeables.

Faisabilité d'une nouvelle valorisation des aiguilles de filao comme combustible domestique :

Compte tenu de l'insuffisance de disponibilités d'aiguilles de filao pour de nouvelles valorisations comme combustible, tout projet de valorisation d'envergure de ces aiguilles s'avère non faisable. Toutefois, pour les besoins de décapage de certaines litières de filao en vue de permettre la régénération, les aiguilles obtenues pourraient être revalorisées dans des biodigesteurs pour la production de biogaz ou dans la fabrication du charbon de biomasse ou de la brique non carbonisée, avec d'autres résidus. Mais cela serait valable surtout dans les zones où il n'y a pas beaucoup de pression des maraîchers sur les ressources disponibles.

4.2 Le Pourghère

Propriétés de la plante Pourghère

Le Pourghère (*Jatropha curcas*) appelé localement «Tabanani», fait partie de la famille des Euphorbiacées. Il se présente sous forme d'un petit arbre de 4 à 5m de hauteur qu'il atteint au bout de 3 à 4 ans seulement. La durée de vie est de 30 à 35 ans environ. Le fruit est une capsule à 2 ou 3 loges qui atteint sa maturité après 3 mois.

Potentialités – Disponibilités : Il est encore difficile à ce niveau de quantifier en terme de disponibilité le Pourghère. Il reste que les recherches doivent continuer à être entreprises tant au niveau des structures de recherches (ISRA, Université, Instituts et centre de recherche agronomique et biologique, CSE), qu'au niveau des services administratifs (services des eaux et forêts, DAST, etc..) pour déterminer le potentiel existant en plante Pourghère. De toute évidence il apparaît, d'après les investigations déjà entreprises et les différents entretiens tenus auprès de personnes ressources, que la valorisation du Pourghère passera indéniablement par une stratégie de multiplication de la plante. L'ONG ATI (Appropriate Technologie Internationale) a mis en œuvre un projet basé à Thiès, dont l'objectif est d'une part de développer la culture du pourghère au Sénégal et d'autre part de vulgariser les technologies de production d'huile de pourghère.

Utilisation comme combustible : L'huile brute de pourghère a l'avantage de pouvoir servir comme combustible pour faire fonctionner les moteurs diesels tels que ceux des moulins à mil, des motopompes et des groupes électrogènes.

Selon le technicien du projet pourghère de ATI, l'huile de pourghère peut aussi faire fonctionner des lampes sans dégagement excessif de fumée, sans odeur et dans une lampe adaptée et fabriquée localement. Il peut aussi faire fonctionner un fourneau spécialement adapté et conçu pour la cuisson des repas. Des recherches sont en cours pour la conception d'un type de foyer adapté.

Utilisations concurrentes : Il n'y a qu'une seule véritable utilisation concurrente : (c'est à dire à des fins non énergétiques) c'est l'utilisation dans la fabrication du savon.

Disponibilités pour de nouvelles valorisations comme combustibles. : Les disponibilités en plantes pourghère peuvent augmenter rapidement avec le programme actuel de vulgarisation mené par ATI et plus encore si d'autres organisations s'engagent dans les mêmes objectifs de multiplications de plantations et d'exploitation du pourghère.

Faisabilité d'un projet pilote de valorisation du pourghère basé sur l'expérience de ATI.

L'expérience de ATI a montré que sur le plan technique la multiplication des plantations de pourghère et l'extraction de l'huile combustible sont maîtrisables et pourraient même à terme être pris en charge par les populations rurales.

Le projet pilote comporte 3 volets:

1^{er} Volet : Multiplication des plantations de pourghère.

2^{eme} Volet : Collecte, stockage et transformation des graines de pourghère en huile.

3^{eme} Volet : Commercialisation de l'huile de pourghère en vue de son utilisation comme combustible domestique (Fourneau ou Lampe) et comme carburant pour les moteurs Diesel (moulins, groupes électrogènes, motopompes etc...).

L'étude montre que ce projet est faisable sur les plans technique, social, économique et financier, de même que sur le plan environnemental.

4.4 Les hautes herbes à faible valeur nutritive

Nous distinguons, parmi les hautes herbes, deux catégories qui retiennent notre attention :

- le roseau typha qui pousse dans le Delta et tout le long du fleuve Sénégal, et dont la présence est considérée nuisible au niveau des périmètres irrigués.
- les hautes herbes poussant dans la savane et dans les forêts clairsemées, particulièrement au bord des routes, et qui constituent un danger pour les arbres.

En effet, lorsqu'elles se dessèchent, elles prennent feu très vite et propagent les feux de brousse.

Potentialités

a) **Le roseau typha** : Le roseau typha se retrouve surtout le long du fleuve Sénégal et particulièrement dans le Delta. C'est un type d'herbe qui pousse aux abords de l'eau et continue son développement même dans les endroits inondés. Il se développe également dans les canaux d'irrigation des périmètres aménagés. Sa prolifération est telle qu'elle envahit les plans d'eau et gêne l'écoulement de l'eau dans les canaux d'irrigation.

Il existerait rien que dans le Delta environ 1000 ha de réserve de typha (chiffre qui serait plutôt sous – estimé). Ce qui permettrait d'évaluer les potentialités dans le Delta à 10.000 tonnes au minimum de matière sèche. Il existerait également de grandes quantités de typha le long du fleuve jusqu'à Richard-Toll et aussi le long du lac de Guiers. Il existerait en outre de grandes quantités considérées comme gênantes au niveau des périmètres irrigués. Des experts étudient à l'heure actuelle au niveau de la SAED, les moyens de réduire cette nuisance. Des campagnes de coupe du roseau typha sont souvent financées et réalisées avant les campagnes agricoles. Il ressort de cette considération qu'il existe un potentiel important de roseau typha.

b) **Les hautes herbes** Elles poussent dans les savanes et dans les forêts clairsemées et particulièrement au bord des routes. Quand elles atteignent le stade de hautes herbes, elles ne sont plus prisées par le bétail. Car elles deviennent, comme la paille de riz, rugueuses. Ces hautes herbes constituent un potentiel important surtout dans les régions du Sud (Sénégal Oriental Casamance).

Elles devraient être coupées avant la saison sèche, car elles constituent un danger pour les arbres de la forêt. En effet lorsqu'elles sont sèches elles deviennent de véritables mèches propageant les feux de brousse. Elles constituent un véritable potentiel de combustible pouvant être valorisé.

Disponibilités : Aussi bien pour les roseaux typha que les hautes herbes des forêts du Sud, tout le potentiel serait disponible dans la mesure des capacités de coupes, de collecte et de transport.

Les roseaux typha sont éliminés lors des campagnes agricoles dans les périmètres irrigués, et cela accroît les disponibilités aux alentours de ces périmètres.

Quant aux hautes herbes des forêts du sud, il faut déployer beaucoup d'énergie pour les rendre disponibles (coupe, collecte, transport).

Utilisation comme combustible : Aucune utilisation des hautes herbes comme combustible ne nous a été signalée.

Utilisations concurrentes : Il existe par contre des utilisations de ces hautes herbes à des fins non énergétiques :

- Les roseaux typha sont utilisés par les artisans pour faire des nattes. Les roseaux typha peuvent être également transformés en pâte à papier.
- Les hautes herbes du Sud servent à confectionner des toits de case et souvent des palissades de clôture des maisons traditionnelles.

Toutefois, il ressort des enquêtes et entretiens informels sur le terrain que ces utilisations concurrentes sont loin d'épuiser les disponibilités qui restent importantes.

Disponibilité pour de nouvelles valorisations comme combustible : Suite aux importantes disponibilités en hautes herbes et au caractère limité des utilisations concurrentes, il ressort que des disponibilités existent. Seulement elles restent liées aux capacités de coupe, de collecte et de transport de même qu'à l'impact de ces contraintes sur le coût final du combustible valorisé.

Faisabilité d'une valorisation des hautes herbes comme combustibles domestiques : Deux types de valorisation sont envisageables pour les hautes herbes : il s'agit de leur transformation en charbon de biomasse et en briquettes non carbonisées.

5. LES DÉCHETS MUNICIPAUX

5.1 Les déchets non dégradables

Nous mettons dans ce lot :

- certains textiles (le Nylon, Tergal etc...) en fibre synthétique
- les métaux ferreux
- les métaux non ferreux
- les plastiques
- les verres
- les céramiques poteries etc...
- divers

Potentialités : Nous axons notre analyse des potentialités autour des déchets susceptibles de se prêter à une valorisation comme combustible domestique. Ici, seul les déchets plastiques répondraient à ces critères. Le potentiel disponible en déchets plastiques représenterait en moyenne 2,7 à 7% des déchets municipaux. Selon les normes de l'AGETIP³ chaque personne rejette par jour en moyenne 0,6 kg de déchets ; ce qui nous permet d'évaluer les déchets de Dakar (à titre d'exemple la Communauté Urbaine de Dakar abriterait environ 2.000.000 hbts⁴) à environ 1.200.000 kg de déchets.

Les déchets plastiques (2,7 à 7%) seraient compris dans la fourchette de 32.400 à 84.000 kg par jour.

Disponibilités en déchets plastiques : Les potentialités étant énormes 32,4 à 84 tonnes par jour, les disponibilités résident dans les capacités de collecte, de transport et de stockage. A la limite, tout le potentiel pourrait être disponible. Donc on peut dire que les disponibilités en déchets plastiques sont énormes.

Utilisation des déchets plastiques comme combustible : A l'heure actuelle, à la suite de l'enquête réalisée, il n'a été signalé nulle part une quelconque utilisation des déchets plastiques comme combustible à Dakar.

Utilisations concurrentes : Les utilisations concurrentes des plastiques (c'est à dire à des fins non énergétiques) sont nombreuses et variées : récupérations pour utilisations artisanale et même industrielle.

Disponibilités et faisabilité d'une valorisation des déchets plastiques comme combustible :

Malgré les utilisations concurrentes, il existe encore d'énormes disponibilités de déchets plastiques.

Mais, des entretiens que nous avons eus avec certains techniciens⁵, il est ressorti que la combustion des déchets plastiques donne lieu à des émanations de gaz nocifs ou toxiques dont la libération dans

³ Etude du projet RODAL/AGETIP 1995

⁴ Direction de la Prévision et de la Statistique. Projection de la population du Sénégal.

⁵ Entretien avec le Directeur Technique de la SONACOS, Directeur de l'usine de Dakar et aussi avec l'ex. Directeur Technique

l'atmosphère peut avoir des effets négatifs mais non encore cernés avec précision. En tout cas ces techniciens déconseillent l'utilisation des déchets plastiques comme combustible car pouvant avoir des impacts négatifs sur l'environnement. Si cela était possible, eux même les auraient appliqués dans les chaudières de la SONACOS. Donc , eu égard à ces impacts négatifs sur l'environnement, tout projet de valorisation des déchets plastiques comme combustible domestique devrait être considéré comme non faisable pour le moment au Sénégal.

5.2 Les déchets biodégradables

Nous mettons dans ce lot :

- les déchets organiques
- les papiers – cartons
- le bois
- les cuirs

Potentialités : Les déchets organiques de la région de Dakar représenteraient un poids total de 523.200 kg par jour. Ce qui montre un potentiel énorme pour la seule région de Dakar.

Disponibilités : Le potentiel étant énorme, les disponibilités ne résident que dans les capacités de collecte, de transport et de stockage. Là aussi on peut dire que tout le potentiel pourrait être disponible si les moyens pré- cités existent et sont mis en œuvre.

Utilisations des déchets organiques urbains. comme combustible : Les seules utilisations connues des déchets organiques urbains à des fins énergétiques sont celles tentées pour la production du biogaz. Il faut noter que toutes ces tentatives sont encore au stade expérimental et demandent à être développées.

On peut citer entre autres :

l'expérience de biogaz de Thiès tentée avec un réacteur transpaille aux abattoirs de Thiès.

l'expérience de biogaz dans le secteur des eaux usées à Cambéréne. Le biodigester utilisé là bas devrait être rendu beaucoup plus opérationnel en augmentant la charge avec d'autres types de déchets qui complèteraient ceux issus des eaux usées.

les autres expériences (Bambey, CERER/Dakar, SAED/ Saint Louis) sont au stade de test et de recherche.

Projet pilote d'installation de biodigester familial à Saint-Louis dans la zone du delta. Ces biodigesteurs de 5 m3 basés sur le principe transpaille et connectés sur un fourneau et installés dans un certain nombre de familles a donné des résultats intéressants sur le plan expérimental. C'est sa généralisation qui se heurte à un problème de pouvoir d'achat.

Utilisations concurrentes (non énergétiques) : Les utilisations concurrentes connues des déchets biodégradables ne concernent qu'une petite partie des déchets ; il s'agit surtout des papiers et cartons et le bois.

Disponibilités pour de nouvelles valorisations des déchets organiques comme combustible

Compte tenu des utilisations pré- citées il ressort que les disponibilités réelles sont très peu entamées donc demeurent présentes. On peut dire qu'il existe encore d'énormes disponibilités pour de nouvelles valorisations des déchets organiques en vue d'une production énergétique.

Faisabilité d'une valorisation des déchets organiques pour la production d'énergie.

Les études ont montré que la meilleure utilisation des déchets organiques à des fins énergétiques est leur utilisation dans des biodigesteurs pour la production de biogaz.

6. TYPOLOGIE DES RÉSIDUS LES PLUS ADAPTÉS POUR UNE VALORISATION TANT QUE COMBUSTIBLES DOMESTIQUES

Il ressort de l'étude que les résidus les plus adaptés pour une valorisation comme combustible domestique et, plus particulièrement comme charbon de biomasse et briquettes non carbonisées sont les suivantes :

- * les balles de riz
- * la paille de riz autres
- * les tiges de mil/sorgho et de maïs
- * les tiges de coton la sciure de bois
- * les coques d'arachide
- * tiges de bissap
- * les aiguilles de filao
- * les hautes herbes (roseaux typha, etc...)

On distingue parmi ces résidus deux types :

d'une part, ceux qui présentent une fluidité dans le cadre du processus de transformation : il s'agit des balles de riz, des coques d'arachide et de la sciure de bois ; et d'autre part, ceux qui nécessitent un traitement préalable (séchage, hachage) : il s'agit là, de la paille de riz, des tiges de mil, sorgho et maïs, des tiges de coton et des hautes herbes.

La carte (en annexe) présente une localisation de ces principaux résidus selon les régions du Sénégal.

7. CARACTÉRISTIQUES ÉNERGÉTIQUES

Le tableau suivant présente le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) des résidus retenus comme étant les plus adaptés pour une valorisation comme charbon de biomasse ou brique non carbonisée.

Résidus	PCI Théorique état anhydre (MJ/kg)	Teneur en eau (%)	Teneur en cendre (%)	PCI effectif (MJ/kg)
Balle de riz	14,9	3,6	17,4	11,3
Paille de riz	18,3	8,2	18,5	13,2
Tiges de mil	18,3	6,4	4,7	16,1
Tiges et feuille de sorgho	18,3	8,5	2,7	16,0
Tiges de maïs	16,0	17,8	14,6	12,2
Tiges de coton	18,3	5,4	4,7	16,3
Hautes herbes	18,3	6,2	5,5	16,0
Coques d'arachide	17,2	7,3	3,9	15,1
Sciures de bois	17,9 à 18,8	5 à 8	1,4	16,1 à 17,6

Source : Etude d'une utilisation efficace des déchets agricoles comme fuel domestique au Sénégal / Cowiconsult, ORGATEC, BIO, TEKNISK août 1984.

Il ressort de ce tableau que certains résidus telle que la balle de riz présentent un pouvoir calorifique plus faible ; mais ils sont plus valorisables compte tenu de leur disponibilité et de leur fluidité.

Deuxième partie : ANALYSE DE FAISABILITE DE LA VALORISATION DES RESIDUS LES PLUS ADAPTES

8. ASPECTS TECHNIQUES DE L'UTILISATION DES RÉSIDUS

8.1. Présentation des techniques de valorisation

Deux techniques de valorisation des résidus agricoles et agro-industriels sont retenus dans le cadre de la présente étude. Il s'agit :

- de la technique de briquetage simple (sans carbonisation)
- et de la technique bio-carbonisation en vue de l'obtention du charbon de biomasse.

Ces deux techniques ont déjà fait l'objet d'une expérimentation : la première par la société Delta 2.000 et la deuxième, toujours par Delta 2.000, mais en coopération avec l'ONG Pro-Natura International.

Ces deux techniques se révèlent comme pouvant être applicables dans plusieurs régions du Sénégal, permettent de valoriser les résidus retenus comme étant les plus adaptés pour une valorisation comme charbon de biomasse et briquettes non carbonisées.

8.2. Traitements nécessaires pour utilisation comme combustible domestique

L'analyse typologique avait fait ressortir deux types de résidus :

- le premier type constitué par les balles de riz, les coques d'arachide et la sciure de bois ne nécessite, compte tenu de leur fluidité, aucun traitement préalable, il suffit de les compacter à chaud (200) pour obtenir des briquettes simples.
- Le deuxième qui est constitué par des tiges et des pailles nécessite un hachage préalable avant le briquetage.

La carbonisation est applicable à l'ensemble des déchets.

Les résidus carbonisés sont ensuite agglomérés soit en ajoutant un liant, soit en y incorporant des résidus non carbonisés dont l'émanation de goudron constitue un lien naturel.

8.3. Technologies de traitement disponibles

Le briquetage

Principe: Le briquetage consiste en une transformation mécanique ou thermo-mécanique des matériaux de base (résidus) afin de réduire le volume, d'en augmenter la densité et donner enfin la forme d'une briquette.

Éléments de la technologie:

Il existe 3 types de technologies:

- **La technologie artisanale:** il s'agit de l'utilisation de presses manuelles qui développent une pression de l'ordre de 40 à 60 kg/cm³ correspondant à un effet de densification de l'ordre de 300 kg/m³.

La capacité de production des presses manuelles est estimée entre 60 et 80 kg/heure.

Il existe un procédé mis au point par un sénégalais et breveté auprès de l'OAPI sous le N°08717 du 13/02/1988⁶. Ce procédé permet d'obtenir des briquettes de déchets combustibles par compactage après leur broyage et leur malaxage dans un liquide (l'eau). Voir copie du Brevet en annexe.

- **La technologie semi-industrielle :** Elle comprend l'utilisation d'une ou de plusieurs presses hydrauliques ou mécaniques (vis sans fin), qui sont souvent des unités mobiles.

La capacité de production de la presse de Delta 2000 par exemple, est estimée entre 800 et 900 kg par jour de 8 heures de travail.

- **La technologie industrielle:** Elle comprend des unités fixes de grande capacité pour satisfaire des besoins importants.

Un certain nombre de facteurs ont une influence déterminante sur la qualité du produit obtenu. Ce sont entre autres :

- la pression exercée durant le pressage
- le temps de pressage
- la dimension et la forme des briquettes souhaitées
- les propriétés physiques propres aux matériaux utilisés
- la teneur en eau
- la température
- et les pré-traitements de ces matériaux

Le tableau suivant présente des éléments de comparaison des avantages et inconvénients de chacun de ces trois types de technologies présentées.

Comparaison des technologies de briquetage.

Types de technologies	A. Constructions	
	Avantages	Inconvénients
Briquetage sur presse manuelle au niveau village	Facilement réalisable localement. Sur le plan de l'environnement, ne pose aucune condition particulière, ne nécessite aucune formation particulière des populations, investissements moindres	Nécessite l'utilisation de liant La qualité de la briquette obtenue est inférieure à celles produites par les unités mobiles ou centralisées.
Briquetage mobile	- équipement de moindre capacité - économie sur le plan des infrastructures - participation plus importante des populations à la réalisation	Niveau technologique des équipements nécessite la formation des utilisateurs
Unités centralisées de briquetage	Réalisable dans les zones où la densité énergétique élevée des sous-produits pose des problèmes écologiques	Nécessite beaucoup d'investissements et de formation d'un personnel qualifié

La carbonisation : C'est un procédé qui permet la transformation des résidus en charbon par combustion incomplète. La carbonisation peut être envisagée à différentes échelles :

- échelle artisanale (cornue, meule casamançaise)
- échelle semi-industrielle (technologie de Delta 2.000)
- échelle industrielle.

Les installations industrielles existantes de même que les installations artisanales sont destinées à la carbonisation du bois et ne sont pas performantes en ce qui concerne la carbonisation des déchets agricoles et agro-industriels.

⁶ Il s'agit du brevet mis au point par Monsieur Baye Samba Lô

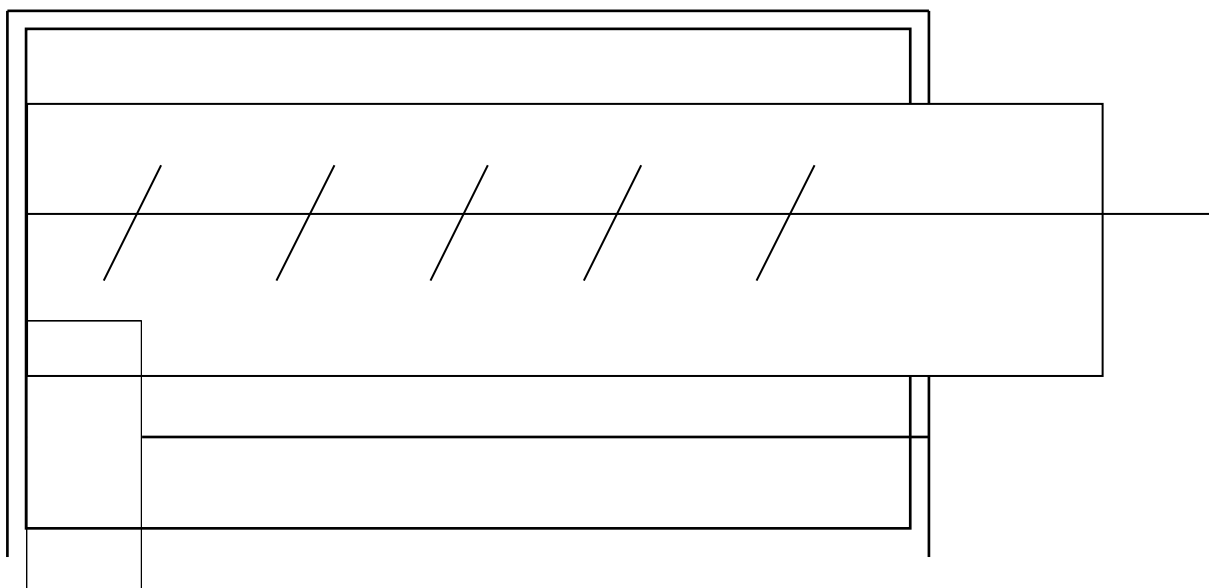
C'est qui explique que dans les cas actuels, nous considérons uniquement la méthode semi-industrielle qui permet de traiter toute une gamme de déchets végétaux (balles de riz, coque d'arachide, tige de mil, maïs, coton, etc...).

C'est cette technologie qui a été expérimentée par Delta 2.000 en vue de l'obtention du charbon de biomasse. La description du procédé de carbonisation utilisée par Delta 2.000, de même que la description du prototype de carbonisateur sont présentées dans la première partie de ce rapport.

Le schéma ci-après montre la structure de carbonisation et donne un aperçu sur le système de carbonisation .

Schéma du prototype de carbonisateur

Dimensions extérieures : Hauteur : 2.4 m, longueur : 4 m, largeur : 1.8 m, poids : 1.200 kg



8.4. Critères de choix technologiques

Technologie choisie pour le milieu urbain : la technologie semi-industrielle

Les critères de choix de la technologie de Delta 2.000

Le premier critère de choix de ces technologies est qu'elles permettent de traiter toute une gamme de résidus agricoles et agro-industriels (balle de riz, paille de riz, tige de mil, sorgho, maïs, sciure de bois, coque d'arachide, etc...)

Le deuxième critère de choix est qu'elles demandent peu de main d'œuvre : en effet, un technicien bien formé et un aide suffisent pour faire fonctionner l'unité de fabrication.

Pour le troisième critère, les rendements sont intéressants : 800 à 900 kg de charbon de biomasse en 8 heures de travail, ou, 1.200 à 1.350 kg de briquettes non carbonisées pendant le même temps.

Quatrième critère : simplicité de la conception de la technologie ; simplicité de l'utilisation, fiabilité, durée de vie théorique : 5 ans.

Cinquième critère : coût de la technologie modeste intéressant comparé aux rendements obtenus. Tous les éléments peuvent être fabriqués localement.

Technologie choisie pour le milieu rural

Il s'agit du procédé de briquetage par presse manuelle. Les critères de choix de ce procédé sont :

- sa simplicité : peut être à la portée de n'importe quel utilisateur
- la modestie de son coût
- vaste gamme d'application : peut être utilisé pour tous résidus agricoles, et même les déchets ménagers.

8.5. Investissements déjà réalisés au Sénégal

Dans ce domaine de la valorisation des résidus agricoles et agro-industriels, à ce jour, seule la Société Delta 2.000 a commencé à réaliser des investissements en important de Taiwan, une unité de briquetage.

8.6. Equipements de cuisson disponibles.

Les équipements de cuisson disponibles au Sénégal sont :

- ☞ le foyer malgache
- ☞ le foyer amélioré "Sakanal"
- ☞ le foyer amélioré Djambar
- ☞ les foyers traditionnels à trois pierres
- ☞ le fourneau à coque d'arachide
- ☞ le "Ban ak souf.

9. ASPECTS SOCIAUX DE L'INTRODUCTION DES RÉSIDUS AGRICOLES ET AGRO-INDUSTRIELS COMME COMBUSTIBLES DOMESTIQUES.

9.1. Avantages et inconvénients de l'utilisation des nouveaux combustibles.

L'utilisation des combustibles domestiques provenant des résidus agricoles et agro-industriels comporte des avantages et aussi des inconvénients du point de vue social.

Les Avantages :

- création de nouveaux emplois en milieu rural par la valorisation des résidus qui étaient jusqu'ici peu utilisés.
- une amélioration du pouvoir d'achat des ruraux.
- décharger les femmes rurales de la corvée que représente le ramassage du bois mort.
- Ces nouveaux combustibles pourront être achetés à des prix concurrentiels à ceux du bois de chauffe et du charbon de bois, si les frais liés à la commercialisation sont bien étudiés.

Inconvénients :

- L'utilisation des combustibles nouveaux obtenus à partir des résidus agricoles peut réduire considérablement les disponibilités en paille et tiges utilisées par les populations pour la construction de l'habitat en milieu rural, pour l'alimentation du bétail et pour la fertilisation des sols par l'enfouissement, mais, cela en cas d'une production à large échelle.

9.2. Sécurité et santé dans la cuisson

Sécurité : Sur ce point, on peut dire que les nouveaux combustibles s'apparentant aux combustibles ligneux traditionnels ne présentent aucun risque si les mêmes précautions que celles appliquées avec le charbon de bois ou le bois de chauffe sont prises (tenir le fourneau à l'écart des produits inflammables, éteindre les braises après toute préparation; éviter les étincelles, ...etc).

Santé dans la cuisine : La forte émanation de fumée provenant de la combustion de la brique non carbonisée fait qu'il serait plus prudent que les ménagères qui voudraient l'utiliser le fassent à l'extérieur de la cuisine. Ceci évitera les risques pouvant affecter la santé.

Par contre, le charbon de biomasse qui ne dégage de la fumée qu'au moment de l'allumage peut être utilisé dans un fourneau et à l'intérieur de la cuisine dès que s'arrêtent les dégagements de fumée.

Si ces précautions sont respectées, les nouveaux combustibles ne présenteront pas plus de risques que les combustibles traditionnels.

9.3. Prestige social

- En zone rurale, les ménagères qui ont l'habitude de cuisiner avec le bois de chauffe percevront les combustibles nouveaux comme des produits mieux élaborés et plus présentables que le bois de chauffe qu'elles ont l'habitude d'utiliser. là, les combustibles nouveaux se présenteraient comme pouvant rehausser le prestige social.

- En zone urbaine par contre, les ménages qui ont l'habitude de cuisiner avec le charbon de bois ou le gaz les verront comme combustibles de mauvaise qualité du fait de la présence de la fumée et des difficultés au moment de l'allumage.

10. ASPECTS FINANCIERS ET ÉCONOMIQUES DE L'UTILISATION DES RÉSIDUS AGRICOLES ET AGRO-INDUSTRIELS COMME COMBUSTIBLE DOMESTIQUE.

Nous proposons deux variantes d'investissement:

Variante A : La généralisation de l'expérience de Delta 2000 à d'autres rizeries.

Variante B : L'installation de presses manuelles en milieu rural en vue de produire de la brique non carbonisée utilisable par les ménages qui ont l'habitude de préparer leur repas avec du bois de chauffe.

10.1 Investissements nécessaires

Variante A: Généralisation de l'expérience de Delta 2000

L'investissement nécessaire dans le cadre d'une rizerie est de 12.800.000francs CFA (voir §14)

Variante B: Presse manuelle : L'investissement comprend:

- l'achat d'une presse manuelle
- l'achat d'un hachoir

La presse manuelle est composée :

- d'un moule
- d'un couvercle muni de deux axes
- de deux leviers
- d'une plaque

(voir en annexe le procédé breveté)

Le coût d'acquisition de l'ensemble de la presse manuelle s'évaluerait selon l'inventeur, entre 75.000 et 100.000 Francs.

Le hachoir : son coût est estimé à environ 15.000 Francs CFA.

Les accessoires (récipients, bacs de stockage, etc.) peuvent être évalués à 35.000 FCFA environ

Donc le coût total de l'investissement pour la presse manuelle s'évalue à environ 150.000 Francs CFA.

Coût de production et de distribution

Variante A : expérience de Delta 2.000

Briques non carbonisées : Le coût de production de la brique non carbonisée est : 30.FCFA/kg et se décompose comme suit :

- Amortissement de l'agglomérateur :	3,25 FCFA/kg cf §1.4.9
- Main d'œuvre :	2,2
- Electricité :	2,35
- Maintenance :	1,6
- Emballage et sacherie :	5
- Taxes diverses d'usine :	1
- Charges de fonctionnement diverses :	2
- Promotion et marketing :	5
- Marge de l'industriel :	7,6

Total : 30,00 FCFA/kg

Le coût de distribution est évalué à 10 Francs/kg. Ce qui explique que le prix de vente fixé par Delta 2.000 était évalué à 40 Francs (voir §1.4.3).

Charbon de biomasse

Le coût de production du charbon de biomasse est de 37 FCFA/kg. (voir §1.4.9).

Quant au coût de distribution, il est estimé à 23 FCFA (cf. §1.4.9.). Ce qui explique un coût de vente de l'ordre de 60 Francs CFA par kilogramme.

Variante B : Briquettes non carbonisées produites à partir d'une presse manuelle

Le coût de production des briquettes obtenues par presse manuelle devrait être très abordable comparé aux briquettes de Delta 2000, en raison du faible coût des investissements. Elles devraient pouvoir être vendues à moins de 40 francs le kilogramme.

Les autres éléments du coût de production sont: la main d'œuvre (encore moins chère) et éventuellement le transport (matière première et produit fini) charrette sur de courtes distances.

10.2 Compétitivité des nouveaux combustibles par rapport aux combustibles traditionnels.

Variante A:

Le charbon de biomasse comparé au charbon de bois paraît compétitif du point de vue prix étant donné que le charbon de bois est vendu à 95 Frs/kg à Dakar. Tandis que le charbon de biomasse est vendu à 60 Frs soit 63,15% du prix du charbon de bois; alors que le pouvoir calorifique de charbon de biomasse (4800 Kcal/kg) représente 70% du pouvoir calorifique du charbon de bois(6800 Kcal/kg).

La brique non carbonisée comparée au bois de chauffe paraît peu compétitive en milieu urbain car la différence de prix est négligeable (40Frs et 41 Frs)

Mais la brique pourrait s'adapter aux zones confrontées à une réelle pénurie de bois de chauffe. Les régions de Diourbel, Louga et une grande partie de la région de Saint-Louis

Variante B

Les briquettes obtenues par presses manuelles seraient très compétitives par rapport au bois de chauffe dans les régions (précitées) qui connaissent des pénuries de bois de chauffe.

Face à cette compétitivité, une forte demande devrait se manifester si les efforts de promotion sont consentis.

11. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DE L'UTILISATION DES RÉSIDUS AGRICOLES ET AGRO-INDUSTRIELS COMME COMBUSTIBLES DOMESTIQUES.

11.1. Impact sur la conservation des sols et l'agriculture.

Cet impact varie selon la nature des résidus à valoriser.

- La transformation de la balle de riz ainsi que des sciures de bois ne présente aucun impact ni favorable ni défavorable sur la conservation des sols et de l'agriculture.
- Pour les résidus comme la paille de riz, les tiges de mil et de sorgho, ainsi que les tiges de maïs, leur transformation en combustible pourrait avoir des impacts négatifs sur la conservation du sol si tout le potentiel était utilisé à des fins énergétiques.

En effet une telle valorisation entraverait certaines utilisations telles que :

- Dans l'agriculture : l'enfouissement pour enrichir le sol, les utilisations pour freiner l'érosion éolienne et l'ensoleillement
- L'utilisation comme aliment du bétail pendant la saison sèche.

Par contre, pour certains résidus tels que les tiges de coton, les roseaux typha (hautes herbes) et les aiguilles de filao, leur valorisation présente plutôt des impacts favorables. En effet, les tiges de coton sont des réserves de parasites dont il faut nécessairement se débarrasser ; de même que les roseaux typha qui constituent, d'une part des refuges d'oiseaux granivores déprédateurs et d'autre part, des nuisances dans les périmètres irrigués, en ce sens qu'ils arrivent à obstruer certaines canalisations ; les aiguilles de filao sont à enlever car, une haute couche de litière empêche la régénération naturelle.

11.2. Aspects environnementaux du traitement

Le traitement des résidus agricoles et agro-industriels, aussi bien pour la production du charbon de biomasse que la production de brique non carbonisée ne présente aucun impact significatif sur l'environnement compte tenu de la faible taille des unités de traitement proposées.

11.3. Aspects environnementaux de la combustion

La combustion des briquettes et du charbon de biomasse dégage certes de la fumée au moment de l'allumage, mais ces fumées ne sont pas plus nocives que celles dégagées par le bois de chauffe ou le charbon de bois.

Impacts sur la préservation des formations forestières : On peut s'attendre à un impact positif réel sur les massifs forestiers si on arrive à généraliser l'utilisation des briquettes et du charbon de biomasse à la place du bois et du charbon de bois. En effet, ceci contribuerait à réduire la pression sur les formations forestières.

12. MESURES D'ACCOMPAGNEMENT NÉCESSAIRES

Mesures techniques : En ce qui concerne la production du charbon de biomasse, les recherches devront se poursuivre en vue d'arriver à un produit qui dégage peu de fumée tout en maintenant un bon pouvoir calorifique.

Des recherches devront être menées pour concevoir des types de fourneaux adaptés, permettant de réduire les dégagements de fumée.

Mesures réglementaires : Afin d'encourager la pénétration des nouveaux combustibles, des mesures réglementaires devraient être prises ou renforcées en vue de freiner davantage l'exploitation de la forêt à des fins de production de charbon de bois ou de bois de chauffe.

Mesures fiscales : Exonérer les nouveaux combustibles de toutes les taxes susceptibles d'entraver leur compétitivité par rapport au charbon de bois et au bois ;

- Exonérer les unités de production des droits de douane en vue de faciliter l'entrée de matériel de production performant.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La première partie de la présente étude a permis de dresser un inventaire de l'ensemble des résidus agricoles et agro-industriels disponibles au Sénégal.

Chaque résidu a fait l'objet d'une analyse des potentialités et des disponibilités ainsi que les utilisations actuelles comme combustibles et des utilisations concurrentes.

Cette démarche a permis de voir que pour la plupart des résidus, il existe d'importantes potentialités, mais les disponibilités pour une valorisation d'envergure en tant que combustibles domestiques sont faibles.

Il est apparu aussi que sur l'ensemble, seuls huit (8) types de résidus pourraient faire l'objet de valorisation pour la production de combustibles solides pouvant se substituer au charbon de bois et au bois de chauffe. :

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| * Balle de riz | * Coque d'arachide |
| * Paille de riz | * Sciure de bois |
| * Tige de mil, sorgho et maïs | * Aiguilles de filao |
| * Tiges de coton | * Hautes herbes |

Les combustibles solides pouvant être obtenus à partir des résidus précités sont :

- Le charbon de biomasse
- La brique non carbonisée.

La deuxième partie de l'étude qui traite de la faisabilité de la valorisation des huit (8) types de résidus les plus adaptés comme combustibles domestiques a montré qu'il existe des technologies de traitement adaptées et même déjà expérimentées au Sénégal, qui permettent d'obtenir des briquettes non carbonisées et du charbon de biomasse.

L'examen des différentes technologies a permis de porter le choix sur celles déjà expérimentées par la Société Delta 2.000 et les presses manuelles.

Ce sont des technologies qui ne sont pas très coûteuses, qui ne demandent pas une main d'œuvre très qualifiée et qui sont maîtrisables au Sénégal.

Pour ce qui est de ces nouveaux combustibles, les enquêtes ont montré qu'ils peuvent se substituer au bois et au charbon de bois en ce sens qu'ils s'insèrent dans les habitudes culinaires des ménages sénégalais à revenu moyen et faible.

Cependant, il est ressorti que la technologie de Delta 2.000 ne peut être rentable que lorsqu'elle est intégrée à une rizerie qui l'approvisionne gratuitement avec la matière première principale : la balle de riz.

Quant à la technologie de briquetage par presse manuelle, elle peut être généralisée à l'ensemble des régions où il existe des disponibilités en résidus et de plus c'est une technologie qui paraît rentable sur le plan financier.

Les produits (briquettes non carbonisées et charbon de biomasse) s'avèrent très compétitifs par rapport au bois et charbon de bois. Son introduction devrait viser en priorité les régions déficitaires en bois et charbon de bois : par exemple la région de Diourbel, la région de Louga et une grande partie de la région de Saint-Louis.

L'étude a montré que les impacts négatifs sur l'environnement sont peu significatifs.

Par contre, les impacts positifs ne sont pas négligeables en ce sens que les nouveaux combustibles pourraient permettre d'atténuer la pression sur les forêts dans la mesure où ils arriveraient à se substituer au bois et charbon de bois.

Parallèlement à l'étude de valorisation des résidus agricoles et agro-industriels, la présente étude a aussi analysé la faisabilité d'une valorisation du pourghère pour l'obtention d'un combustible liquide (huile) pourrait être utilisé d'une part comme carburant dans les moteurs diesels de moulins et motopompe en milieu rural et d'autre part comme combustible domestique dans des fourneaux et des lampes à huile de pourghère.

La vulgarisation du pourghère présente de belles perspectives pour les pays du Sahel dont le Sénégal : **produire du combustible en reboisant.**

RECOMMANDATIONS

Compte tenu de l'impact positif que les nouveaux combustibles pourraient avoir sur l'environnement, il serait important qu'ils soient exonérés de toutes taxes susceptibles d'entraver leur compétitivité par rapport au bois et au charbon de bois.

Exonérer le matériel de production des droits de douane et TVA en vue de faciliter leur acquisition par des privés qui voudraient investir dans le sous-secteur.

Continuer les recherches afin d'aboutir à des combustibles solides de qualité dégageant peu de fumées.

Vulgariser des fourneaux adaptés à l'utilisation des nouveaux combustibles.

Encourager les projets villageois de plantation de pourghère et d'extraction de son huile comme carburant et/ou combustible domestique.

Organiser un séminaire sous régional dans le but d'échanger les expériences acquises dans la mise en œuvre des procédés de carbonisation et de compactage des résidus agricoles et agro-industriels. Ce séminaire permettrait de mieux cibler les technologies susceptibles d'être vulgarisées.

ANNEXE

Carte de localisation des principaux résidus agricoles et agro-industriels selon les régions du Sénégal

