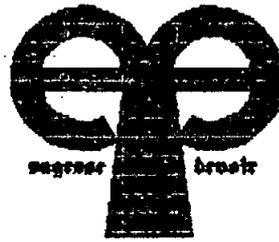


REPUBLIQUE DU SENEGAL



Gm. 0236

Ecole Polytechnique de THIES

PROJET DE FIN D'ETUDES

*En vue de l'obtention du diplôme,
d'ingénieur de conception en genre mécanique*

TITRE: POUR UNE UTILISATION DOMESTIQUE
DES TOURBES DES NIAYES
SOUS FORME DE BRIQUETTES

AUTEUR *Amavi KANGNI*
DIRECTEUR *Cheikh WADE*

Juin 89.

R E M E R C I E M E N T S

Au terme de cette étude , je tiens à remercier tout d'abord **Mr KAMARA Thialis**, en tant qu'initiateur de ce projet et pour l'avoir en partie dirigé.

Je remercie ensuite **Mr Cheikh WADE** professeur à l'E.P.T. , pour avoir accepté de prendre la direction de ce projet à partir de Mars 1989 et pour sa grande ouverture à mon égard.

Je ne remercierai jamais assez **Mr le Colonel Mamadou SECK, Commandant l'E.P.T.** pour les aides matérielles et morales qu'il m'a apporté afin qu'aboutisse ce projet.

Mes remerciements les plus sincères vont à **Mr Chérif DIOP** de la Direction des Mines et de la géologie, pour la documentation qu'il a bien voulu mettre à ma disposition, à **Mr Gérard PEZERIL** du Ministère du Développement Industriel et de l'Artisanat (MDIA) et surtout à **Mr Alioune SARR** ingénieur à la C.T.S. pour sa totale disponibilité à répondre à toutes mes questions, mes sollicitations et pour avoir su mettre à ma disposition toute une documentation combien utile.

La disponibilité des secrétaires de l' E.P.T , **Rokhaya SARR , Maimouna CAMARA , Amidou DIALLO , Anne-Marie**, et de **Mar FALL**, en ce qui concerne l'exécution du traitement de texte de ce rapport, m'a été d' une grande utilité . Je l'apprécie a sa juste valeur.

L'aide des techniciens **Lamine Lo et Touba FALL** n'a pas été la moins utile , qu'ils soient remerciés .

J'apprécie beaucoup l'entière disponibilité de **Mr Amhet COBAN** professeur à l'E.P.T , toujours prêt à m'apporter ses suggestions.

Je n'oublie pas enfin , tous ceux qui , de près ou de loin ont pu apporter un soutien quelconque à la réussite de ce travail.

S O M M A I R E

Cette étude vise à montrer d'une part **l'intérêt de l'utilisation domestique de la tourbe des Niayes sous forme de combustible solide**, et d'autre part **la possibilité et les avantages de l'ajout du poussier de charbon de bois** dans les briquettes de charbon de tourbe.

Dans la première partie elle expose successivement :

- les problèmes énergétiques d'une façon générale et du Sénégal en particulier, ses origines ,ses conséquences et les solutions proposées pour les résoudre ;
- les données et les caractéristiques énergétiques de la tourbe , les remèdes que cette dernière peut apporter et la supériorité de ces remèdes par rapport à toutes les autres alternatives de solution.

La deuxième partie examine les filières envisageables pour l'exploitation de la tourbe tandis que la troisième et la quatrième sont respectivement consacrées à l'évaluation de la disponibilité en poussier (dans la région de DAKAR) et en liants locaux ainsi qu'à l'étude de leurs moyens de récupération.

La cinquième partie décrit les essais de séchage , de carbonisation, d'agglomération du charbon de tourbe auquel différents pourcentages de poussier de charbon de bois ont été ajoutés et de combustion effectués au laboratoire de R.D.M. sur un échantillon de tourbe de $T_c = 6,7\%$.

Une analyse des résultats obtenus termine cette partie, tandis que l'étude finit dans une sixième partie par des discussions, conclusion et recommandations sur ces résultats .

Les résultats montrent entre autre que les **briquettes de tourbe** (à 0% et 10% d'ajout de poussier) **durent 2 fois plus longtemps dans le feu** et qu'**avec 10% d'ajout** de poussier de charbon de bois, elles ont une **efficacité thermique égale à 0,96 fois** celle du charbon de bois.

T A B L E D E S M A T I E R E

	pages
Page Titre:	i
REMERCIEMENT.....	ii
SOMMAIRE.....	iii
TABLE DES MATIERES.....	iv
LISTE DES FIGURES	vii
LISTES DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES ANNEXES ET BIBLIOGRAPHIE.....	ix
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	x
INTRODUCTION.....	xi

Chapitre 1

LES PROBLEMES ENERGETIQUES DU SENEGAL ET LA SOLUTION TOURBE.	
I DIFFICULTES ENERGETIQUES DU SENEGAL.....	1
I.1 APERCU DES PROBLEMES.....	1
I.2 LES ORIGINES DES PROBLEMES.....	2
I.2.1 Déficit énergétique entraînant déficit budgétaire.....	2
I.2.2 Origines des problèmes de combustible ligneux (ou de la déforestation et du déboisement).....	6
II PRESENCE DE LA TOURBE.....	7
II.1 LA TOURBE.....	7
II.1.1 Nature et formation.....	7
II.1.2 Position de la tourbe dans l'évolution des combustibles.....	8
II.1.2.1 La tourbe.....	9
II.1.2.2 Le lignite.....	9
II.1.2.3 La houille.....	9
II.1.3 Principales caractéristiques et classifications.....	10
Classification des tourbes.....	11
II.1.4 Réserves et production mondiales.....	12
II.2 LA TOURBE DES NIAYES AU SENEGAL.....	13
II.2.1 La découverte.....	13
II.2.2 Le gisement et les réserves certifiées.....	14
II.2.3 Composition et caractéristiques énergétiques.....	15
II.2.3.1 Teneur en eau.....	15
II.2.3.2 Teneur en cendre (TC).....	16
II.2.3.3 La qualité organique.....	18
II.2.3.3.1 Densité sèche et humidité totale organique in situ.....	19
II.2.3.3.2 Humidité totale organique Hto.....	19
III PERSPECTIVE POUR L'AVENIR ENERGETIQUE.....	20
L'option tourbe par rapport aux autres solutions proposées pour résoudre le problème énergétique.....	22

Chapitre 2

METHODES DE PREPARATION DES BRIQUETTES

I/ INTRODUCTION.....	25
I.1 Le dessablage.....	26
I.1.1 Traitement par voie humide de la tourbe colloïdale.....	26
I.1.1.1 fonctionnement.....	26
I.1.1.2 Observations.....	26
I.1.2 Dessablage de la tourbe par voie sèche.....	28

I.1.3	Dessablage par voie humide de la tourbe.....	28
I.1.4	Dessablage de la tourbe carbonisée par voie humide.....	28
I.1.5	Dessablage par voie sèche de la tourbe carbonisée.....	31
I.2	Carbonisation.....	31
II	PREPARATION DES BRIQUETTES.....	37
II.1	Présentation des filières d'exploitation.....	37
II.2	La filière N°1.....	37
II.2.1	Extration.....	39
II.2.1.1	L'homogénéisation.....	39
II.2.1.2	Le préséchage.....	39
II.2.2	Le briquetage.....	40
II.2.3	Le séchage des briquettes.....	40
II.2.3.1	Le séchage sous abri.....	41
II.2.3.2	Le séchage à l'air libre.....	42
II.2.4	La carbonisation.....	42
II.2.4.1	Description du four métallique transportable.....	42
II.2.4.2	Méthode.....	43
II.2.4.3	Enfournement.....	43
II.2.4.4	L'allumage.....	44
II.2.4.5	Carbonisation.....	44
II.2.4.5.1	Le tirage direct.....	45
II.2.4.5.2	Le tirage indirect.....	45
II.2.4.6	Refroidissement.....	46
II.2.4.7	Défournement.....	46
II.3	La filière N°2.....	47
II.3.1	La méthode d'extraction.....	47
II.3.2	Le séchage I.....	47
II.3.3	La carbonisation.....	47
II.3.4	Le dessablage.....	47
II.3.5	Le presséchage.....	47
II.3.6	Le briquetage.....	48
II.3.7	Le séchage II.....	48
II.4	La filière N°3.....	48

Chapitre 3

DISPONIBILITE ET REPARTITION DU POUSSIER DE CHARBON DE BOIS A DAKAR

I	Intrduction.....	49
II	Formation du poussier.....	49
III	Nature du poussier.....	50
IV	Méthodes d'évaluation du poussier.....	50
IV.1	Evaluation par la première méthode.....	51
IV.2	Evaluation par la deuxième méthode.....	51
V	Cractéristiques physico-chimiques du charbon et du poussier.....	52
	Analyse granulométrique du poussier.....	52
VI	Mode de récupération du poussier.....	53
VI.1	Les points de vente situés dans les quartiers périphériques en cours de lotissement.....	53
VI.2	Les points de vente situés dans la ville et la proche banlieue.....	53
VI.3	Transport du poussier vers l'usine.....	54
VII	Disponibilité en poussier de la région de Dakar.....	55
VIII	Estimation du prix d'acquisition.....	55

Chapitre 4

DISPONIBILITE EN LIANT LOCAUX AU SENEGAL

I	Introduction.....	57
II	Disponibilité en melasse.....	57
II.1	Caractéristiques physico-chimique de la melasse.....	57
II.2	Disponibilité en melasse.....	57
II.3	Marché actuel.....	58
II.4	Prix d' acquisition de la melasse.....	58
II.5	Conclusion.....	58
III	Disponibilité en gomme.....	58
III.1	Introduction	58
III.2	Historique.....	58
III.3	Utilisation domestique et industrielle de la gomme.....	59
III.4	Utilisation en forêsterie.....	59
III.5	Disponibilité en gomme arabe.....	60
IV	Conclusion.....	60

Chapitre 5

COMBUSTION DES BRIQUETTES

I	Introduction et définition	61
II	Etudes de l'agglomération de la tourbe carbonisée et du poussier de charbon de bois.....	63
II.1	Filière N�1.....	64
II.1.1	Pr�ss�chage.....	64
II.1.2	Briquetage : Détermination de la pression optimale donnant une bonne tenue aux briquettes...64	64
II.1.2.1	1er essai.....	64
II.1.2.2	2e essai.....	66
II.1.2.3	3e essai.....	66
II.1.2.4	briquetage avec du liant.....	67
II.1.3	Carbonisation des briquettes.....	67
II.1.3.1	Procédure.....	67
II.1.3.2	Résultat.....	68
II.2	Filière N�2.....	68
II.2.1	Séchage.....	68
II.2.2	Carbonisation (en vrac).....	68
II.2.2.1	Au four Blue-M.....	68
II.2.2.2	Au four SYBRO-Thermolyne.....	70
II.2.3	Briquetage.....	70
II.2.4	Séchage des briquettes.....	71
III	Combustion des briquettes.....	71
III.1	Préambule.....	71
III.2	Etudes énergétiques des briquettes.....	75
III.2.1	Estimation du pouvoir calorifique supérieur.....	75
III.2.2	Combustion des briquettes.....	77
III.3	Analyse des résultats obtenus.....	80

Chapitre 6

DISCUSSIONS RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION

I	Choix de la filière de fabrication des briquettes.....	89
II	Dessablage.....	90
III	Carbonisation.....	90
IV	Briquetage.....	90
V	Séchage des briquettes.....	92
VI	Choix du pourcentage d'ajout de poussier.....	92
VII	Conclusion.....	93

ANNEXES

Annexe	A.....	A-1
A.1	Impact du projet tourbe.....	A-1
A.1.1	Lutte contre la déforestation.....	A-1
A.1.2	Impact sur l'agriculture de la région des Niayes.....	A-2
A.2	Justification économique du projet.....	A-3
A.2.1	Au niveau de la lutte engagée contre la déforestation...	A-3
A.2.2	Au niveau de la réhabilitation des tourbières après exploitation.....	A-7
A.3	Taleau de répartition de la production mondiale de tourbe.....	A-11
Annexe	B.....	B-1

BIBLIOGRAPHIE

LISTES DES SIGLES ET ABREVIATION

M.D.I.A : Ministère du Développement Industriel et de l'Artisanat
RENES : Redéploiement Energétique du Sénégal
Echan. (ou Ech.) :Echantillon
Imbru. : Imbrûlés
Eau évap. : Eau évaporée
i.e. : c'est à dire
ENDA : Environnement et Développement du Tiers Monde
M =000 (Mille)
MM= 000000 (Million)
MMM= 000000000 (Milliard)
C.T.S : Compagnie Tourbière du Sénégal
Mtep : Mégatonne équivalent pétrole
TC= teneur en cendre

BIBLIOGRAPHIE:

- [1] Programme conjoint PNUD/Banque Mondiale d'assistance à la gestion du secteur de l'énergie. Rapport d'activité: stratégie pour l'énergie domestique urbaine Août 1988. pays Sénégal.
- [2] Compagnie tourbière du Sénégal (C.T.S). Le projet d'exploitation des tourbes de la région des Niayes. Notes de présentation : Mai 1988
- [3] Compagnie tourbière du Sénégal. Document préparatoire Mission Banque Mondiale/MDIA.
- [4] MDIA/CTS : Projet d'exploitation des tourbes des Niayes
Rapport de synthèse géologique. Prospection générale et certification des réserves. Janvier 1984.
- [5] Dictionnaire: petit Larousse illustré 1982
- [6] Encyclopie 1976 :
- [7] Technique de l'ingénieur Tome A3. Page A 500-2
- [8] Technique de l'ingénieur Tome B froid et énergies nouvelles.
- [9] Rapport de la Banque Mondiale 1982, Sénégal problèmes et choix dans le secteur de l'énergie.
- [10] Projet de fin d'études 1987 BRAHAM Thiongane.
- [11] Projet de fin d'études 1986 LO Baye Samba.
- [12] Economie et conversoin d'énergie : Roger DUMAN Les objectifs Scientifique de Demain.
- [13] Technique de l'ingénieur Tome B1 CHAUDIERE
- [14] Programme Conjoint PNUD/Banque Mondiale d'Assistance à la Gestion du Secteur de l'Energie.

Rapport d'activité n°037/85 - SENEGAL
Activité :Projet d'économie d'énergie dans l'Indutrie.

- [15] Les Energies Renouvelables :L'option Canadienne. 870525 ACDI
11.01 ACD
- [16] OCDE CLUB DU SAHEL. CILS Les fourneaux améliorés dans le
sahel. D(81) 127 Octobre 1980
- [17] PNUD/SENSGAL ; SEN/84/X06: Développement de l'utilisation
domestique de la tourbe au Sénégal. Rapport Final Avril 1987
- [18] Les annexes de [17]
- [19] Les combustible dans l'industrie moderne.

LISTE DES FIGURES

	Pages
a) Traitement par voie humide de la tourbe colloïdale.....	27
b) Traitement de la tourbe par voie sèche.....	29
c) Dessablage par voie humide de la tourbe sèche.....	30
d) Carbonisation de briquettes de tourbe en meule casamançaise.	32
e) Carbonisation de briquettes de tourbe par la méthode cornue.	33
f) Four métallique de carbonisation.....	35
g) Schema du four métallique transportable de 8 m3.....	36
h) Présentation des filières d'exploitation envisageable.....	38
i) Schéma du moule et du système de cuisson.....	65
j) Courbe TEMPERATURE-TEMPS pour 0 % d'ajout de poussier.....	83
k) Courbe TEMPERATURE-TEMPS pour 10 % d'ajout de poussier.....	84
l) Courbe TEMPERATURE-TEMPS pour 20 % d'ajout de poussier.....	85
m) Courbe TEMPERATURE-TEMPS pour 30 % d'ajout de poussier.....	86
n) Courbe TEMPERATURE-TEMPS pour 40 % d'ajout de poussier.....	87
o) Courbe TEMPERATURE-TEMPS pour 100 % d'ajout de poussier.....	88

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Chapitre 1	
Tableau I-1: Niveau de consommation d'énergie au Sénégal.....	3
Tableau I-2: Composition de la tourbe.....	19'
Chapitre 3	
Tableau n°1: Taux moyen de formation de poussier de charbon de bois en fonction de la provenance.....	51
Chapitre 4	
Tableau n°1 Composition de la melasse.....	57

Chapitre 5

Tableau N°1: Séchage et carbonisation filière N°1.....	69
Tableau N°2: Composition des échantillons.....	70
Tableau N°3: Séchage filière N°2.....	72-73
Tableau N°4: Estimation du pouvoir calorifique des briquettes..	76
Tableau N°5: Equivalence briquettes-chabon de bois.....	77
Tableau N°6: Mesures et résultats des essais de combustion....	78
Tableau N°7: Essai de combustion.....	79
Tableau N°8: Comparaison des caractéristiques des échantillons.	82
Tableau N°9: Répartition de la production mondiale de tourbe.	A-11

I N T R O D U C T I O N

Ce projet s'inscrit dans le cadre général de la lutte engagée contre la déforestation et plus précisément dans le plan d'élaboration d'une stratégie visant à réduire et à réorienter la consommation d'énergie des ménages jusqu'ici axé principalement sur les combustibles ligneux (bois, charbon de bois).

Elle a pour objectif de contribuer à la valorisation des tourbes des Niayes sous forme de combustible domestique en tant que substitut au charbon de bois (décidée en 1985 par le gouvernement pour renforcer la priorité donnée à la lutte engagée contre la déforestation); en proposant aux ménages une source de remplacement à même de satisfaire leurs besoins énergétiques, tout en protégeant le patrimoine forestier.

Pour que les briquettes de tourbe puissent facilement se substituer au charbon de bois, il leur faut, non seulement avoir un prix attrayant, mais aussi et surtout des caractéristiques énergétiques au moins assez proches de celles du charbon de bois, si elles ne peuvent pas être supérieures.

C'est dans cette optique que les **options techniques d'amélioration** du produit à savoir :

- le **dessablage**
- la **carbonisation**
- et l'**ajout de poussier de charbon**

sont envisagées. Tous les trois, entre autres avantages, augmentent le pouvoir calorifique du produit, mais l'**ajout de**

poussier surtout qui a un coût de réalisation dérisoire, représente un **excellent moyen de valorisation de ce poussier**. Ce dernier est une véritable perte dans le bilan énergétique de la filière du charbon de bois.

C'est pourquoi dans cette étude , nous nous proposons de rechercher après tout, le pourcentage optimal de poussier à ajouter au charbon de tourbe lors de l'agglomération.

CHAPITRE 1 :

LES PROBLEMES ENERGETIQUES DU SENEGAL ET LA SOLUTION TOURBE

I/LES DIFFICULTES ENERGETIQUES

I.1 APERCU DES PROBLEMES

Les trois principaux problèmes de l'énergie au Sénégal sont:

a) Sa dépendance presque totale du pétrole importé pour son énergie "commerciale" (production d'électricité et de produits pétroliers); avec les implications pour la position en devise et la sécurité nationale du pays.

b) Sa mauvaise utilisation provenant des gaspillages tant dans l'industrie que dans le secteur résidentiel. En effet les économies potentielles d'énergies dans l'industrie au Sénégal sans baisse du niveau des activités ont été estimées à 85.000 tep. en 1982 soit 30% de l'énergie consommée dans l'industrie [14] ou encore 6.3MMM Fcfa.

Les principales industries grosses consommatrices au Sénégal sont la raffinerie de pétrole, les extracteurs de mines de phosphate, la cimenterie, les sucreries, les textiles et les industries alimentaires. La plupart de ces industries se sont développées avant la crise des années 1970.

A cette époque pour maximiser la rentabilité, les usines devaient minimiser les investissements en capital et tirer le meilleur partie des coûts d'énergie alors faibles.

Il en est résulté une consommation d'énergie par unité de production plus élevée que dans les réalisations modernes.

Dans le domestique également, des économies certaines sont réalisables avec l'adoption de modèles de fourneaux améliorés à bois et à charbon de bois , en remplacement des modèles traditionnels.

c) Une demande soutenue et croissante de combustible ligneux en tant que source d'énergie, ce qui contribue de plus en plus au déboisement. Ce dernier problème (déboisement) retient le plus l'attention , car au cours de la prochaine décennie, la demande de bois de feu au Sénégal commencera par excéder la productivité naturelle du pays, ce qui aggravera d'avantage les problèmes écologiques, agricoles et économiques du pays déjà très sérieux.

Le tableau suivant montre la consommation d'énergie au Sénégal en 1981, la répartition de cette consommation entre les principales sources d'énergie d'une part et entre l'industrie et les foyers d'autre part.

Tableau I-1

NIVEAU DE CONSOMMATION D'ENERGIE AU SENEGAL (Mtep)

1981**	Biomasse	électricité	produits pétroliers	TOTAL
	-			459.8
industrie		132.7 (69.1%)	327.1 (82.5%)	(27.5%)
foyers&résidentiel	1081.6	59.4 (30.9%)	69.4 (17.5%)	(72.5%)
TOTAL	1081.6 (64.7%)	192.3 (11.5%)	396.5 (23.7%)	1670.6

**) Calculs effectués à partir d'une synthèse de la référence [1] complétée par d'autres sources.

I.2 ORIGINES DES PROBLEMES ENERGETIQUES

I.2.1 Déficit énergétique entraînant déficit budgétaire

L'homme depuis son apparition sur terre a toujours eu besoin de l'énergie pour se chauffer, pour cuire ses aliments, pour se déplacer; et ses premières sources d'énergie furent le soleil, le vent et le bois.

Le soleil est à la base de toutes les formes d'énergie dites renouvelables. (Végétaux, courant atmosphérique, courant d'eau etc). L'énergie qu'il rayonne (178×10^{15} Watts) peut couvrir plusieurs milliers de fois les besoins énergétiques de l'humanité évalués à 10^{13} Watts [8].

Mais ,les difficultés pour capter, concentrer et régulariser ces énergies renouvelables parceque trop diluées, discontinues et aléatoires, ont conduit à les négliger pour se tourner vers les énergies fossiles en particulier les hydrocarbures ($C_xH_yO_z$) qui sont à l'opposée bien concentrées (de ce fait elles sont appelées énergies-stocks) et dont il sait aujourd'hui mieux tirer partie.

Parmi les énergies-stocks ;la houille ,le lignite et surtout la tourbe se sont révélées moins énergétiques ; ce qui a donné la préférence aux hydrocarbures.

Rélegués au second rang , les charbons et les énergies "nouvelles" ont été à l'oubliette .

Aujourd'hui , avec la crise de plus en plus menaçante du pétrole ,l'homme va à la redécouverte de ces énergies "oubliées".

Dans les conclusions du récent rapport rendu public par le célèbre M.I.T. on peut lire par exemple <<Le monde libre doit réduire de façon draconienne sa demande croissante d'énergie et abandonner massivement le PETROLE pour lui substituer d'autres sources d'énergie sinon c'est la catastrophe!>> [12].

Cet homme a besoin également de cette énergie sous de formes précieuses (pour être utilisée par les machines), en des endroits donnés et à des moments donnés . D'où la nécessité pour lui de convertir, de transporter et de stocker l'énergie primaire dont il dispose. Au cours de ces manipulations préalables de l'énergie ,il s'en perd une quantité énorme. En effet 10 à 20% [12] seulement de l'énergie consommée contribuent réellement à la satisfaction des besoins de l'homme. Le reste est consommé dans les conversions, les transports ou dissipé en fumée, en eau chaude, etc... qui polluent l'environnement.

Notons que c'est dans la conversion de l'énergie thermique que le rendement est le plus inquiétant (<50%) [12] aussi doit on l'éviter quand le chauffage n'est pas le but final de la transformation.

Hélas ! la terre recèle une quantité finie de réserves d'hydrocarbure (énergie-stock) et depuis la crise de l'énergie des années 1970 (dûe en partie à l'épuisement des réserves de pétrole) , le prix des produits pétroliers n'a pas cessé d'augmenter ; ce qui pèse lourd sur les dépenses énergétiques de nos pays sous-développés , non producteurs de pétrole mais déjà très habitués à la consommation en grande quantité de ces produits pétroliers.

Ainsi pour le SENEGAL par exemple la facture pétrolière a atteint 63.8 MMM en 1982 pour descendre à 50.8 MMM en 1987. [1]

Quand bien même cette valeur soit maintenue constante jusqu'à nos jours (grâce au programme RENES) , elle représente tout de même plus de 50% des recettes d'exportation du pays.

I.2.2 Origines des problèmes de combustible ligneux (ou de la déforestation et du déboisement).

L'utilisation du charbon de bois ne date pas d'aujourd'hui, par contre c'est maintenant que l'on parle de l'ampleur des problèmes de déboisement et de déforestation causés en grande partie par l'utilisation du charbon de bois et du bois de chauffe.

La raison en est l'augmentation de plus en plus rapide de la demande de charbon de bois utilisé surtout pour les ménages dans les villes (plus de 90% des besoins). Cette augmentation due à une démographie de plus en plus galopante des villes est causée par le taux de croissance naturelle et l'exode rurale.

Dans les tropiques l'homme détruit 10 fois [11] plus de forêt qu'il n'en crée et ceci pour des fins multiples :

- se préparer des terres pour l'agriculture
- fournir des aliments au bétail.
- se procurer du bois comme:

*matières premières de certaines industries (fabrication de tables , de chaises , de charpentes etc.)

*combustibles (bois de feu , charbon de bois.)

Ce n'est donc pas la production de charbon de bois la seule cause du déboisement mais c'est elle qui semble causer le plus de dégâts par son volume (50% du bois abattu soit environ 45000 hectares [11] et surtout par le fait qu'il faut 7kg de bois pour produire 1 kg de charbon).

Pour enrayer cette menace le gouvernement doit stopper ou diminuer d'avantage l'utilisation des combustibles ligneux. Pour ce faire il lui faut trouver des sources de remplacement pour les populations.

L'une des alternatives les plus intéressantes (pour ne dire la meilleure!) est la solution tourbe comme substitut au charbon de bois.

II/ PRESENCE DE LA TOURBE

II.1 LA TOURBE

II.1.1 Nature et formation

Biotopes très originaux, les tourbières sont des écosystèmes continentaux formés d'hygrophytes dont la croissance, dans certaines conditions climatiques, parfois topographiques, engendre l'accumulation d'importantes quantités de matières végétales.

Celle-ci, après une diagenèse modérée, biochimique et mécanique, forme une roche combustible renfermant jusqu'à 50 % de carbone : la TOURBE. Celle-ci a joué naguère, dans certains pays nordiques, un grand rôle économique: combustible médiocre, mais abondant et bon marché, litière pour le bétail, amendement organique, et même matériau de construction isolant précieux dans les pays froids. Les besoins en tourbe ont beaucoup diminué, bien qu'elle reste irremplaçable en horticulture et que l'appauvrissement des sols en matière organique nécessite de plus en plus son utilisation en agriculture.

Tout marécage n'est pas une tourbière. Pour être une tourbe, le dépôt palustre doit renfermer au minimum 20 % de matière organique s'il est fortement argileux (proportions souvent dépassées). Des teneurs inférieures (entre 12.5 % et 20%) caractérisent des sols paratourbeux. La tourbière est vivante si la turbification s'y poursuit; ce processus peut être bloqué par l'assèchement du milieu ,la tourbière est alors dite morte.

La tourbe est donc un dépôt d'origine végétale, essentiellement organique, en voie de décomposition, formé au cours de l'époque quaternaire en milieu aquatique dans un certain nombre de sites ou tourbières, dont beaucoup fonctionnent encore de nos jours. Dans son environnement naturel, la tourbe contient 80 % à 90 % d'eau, le reste étant constitué de matières végétales et de matières minérales. Ces dernières peuvent représenter 2 à 50 % du poids totale et constituent ce que l'on appelle les cendres.

II.1.2 Position de la tourbe dans l'évolution des combustibles

Evolution: végétaux (bois) - tourbe - lignite - houille - Anthracite.

Le degré d'évolution des dépôts organiques permet d'identifier trois grandes classes de combustibles fossiles que sont les tourbes, les lignites et les houilles. Ces 3 variétés sont suffisamment apparentées par leur mode de formation et leur composition pour avoir été regroupés dans la classe géologique unique des charbons. Les végétaux se sont ainsi transformés en tourbes, puis en lignite et enfin en houille et Anthracite.

II.1.2.1 La tourbe

La tourbe constitue le stade de départ des combustibles fossiles.

A ce titre , elle est constituée pour sa plus grande part de végétaux en cours de décomposition. Les composés organiques de la matière végétale initiale restent toujours abondants.

Son stade peu avancé la place entre le bois et le lignite.

II.1.2.2 Le lignite

Roche combustible contenant 70 à 80% de carbone avec une valeur calorifique en moyenne 3 fois moindre que celle de la houille; le lignite, de couleur brune ou parfois franchement noire, est une matière compacte plus homogène que la tourbe (teneur en eau moins élevée, densité plus élevée, plus riche en carbone, teneur en matière volatiles encore voisine de 50%). On reconnaît encore souvent dans le lignite, la texture ligneuse originale des végétaux qui le constituent. Le lignite, est une formation plus ancienne que la tourbe, d'âge tertiaire ou crétacé.

II.1.2.3 La houille

Dans la classe des houilles , suivant le pourcentage de carbone on distingue :

- les anthracites (taux de carbone > à 95%)
- les houilles maigres (90% <taux de carbone < à 95%)
- les houilles grasses (80% < taux de carbone < 85%) .

ces dernières sont généralement distillées pour obtenir du gaz et du coke.

La houille qui a subi une transformation plus poussée, ne laisse pas apparaître de traces de végétaux visibles à l'oeil nu (contrairement aux précédentes). De couleur noire, elle est plus ou moins friable et salissante. Sa teneur en eau se situe entre 2 et 7% , sa densité (plus élevée) varie de 1,2 à 1,5.

L'anhracite, qui est une variété supérieure de la houille se caractérise par une densité plus forte (1,7) , un pouvoir calorifique plus élevé; plus massive et plus homogène que la houille ordinaire.

La houille et l'anhracite représentent les termes ultimes de l'évolution des dépôts organiques.

II.1.3 Principales caractéristiques et classifications

Par rapport aux combustibles dits évolués, la tourbe se caractérise par:

- une forte teneur en eau et en matières volatiles,
- une teneur en carbone moins élevée,
- une faible densité sur sec,
- une faible teneur en soufre et des teneurs relativement élevées en oxygène et en azote;

ce qui lui confère un pouvoir calorifique peu élevé , supérieur cependant à celui des combustibles ligneux.

Sa réactivité élevée (forte proportion de matière volatiles) lui donne également une bonne aptitude à la combustion et à la gazéification.

L'humidité et la densité totale après séchage (naturel à l'air libre ou sur sec après étuve à 105°), le pourcentage en matière volatile, celui des matières organiques, les composants élémentaires essentiels (carbone, hydrogène oxygène, azote) et surtout la teneur en cendre (matières minérales de constitution et de pollution) déterminent la qualité énergétique de ce combustible.

classification des tourbes

Il existe actuellement 6 méthodes de classification des tourbes ce sont:

- la localisation géographique et topographique ,
- la morphologie,
- le contexte hydrologique,
- la fibrosité et le degré d'humifaction,
- la couleur,
- la nature des végétaux impliqués dans la formation de la tourbe.

selon la dernière méthode les tourbes sont classées en :

- * Tourbe à sphaigne,
- * Tourbe à carex,
- * Tourbe à Eriophorium,
- * Tourbe ligneuse

II.1.4 réerves et production mondiales:

Les ressources mondiales probables de tourbes exploitables sont évaluées à 400 MMM de tonnes de tourbe (à 40% d'humidité et moins de 10% de cendre) soit environ (100 MMM de tep), comparées aux ressources mondiales de gaz naturel évaluées à (190 MMM de tep), de pétrole (530 MMM tep) et de charbon (11060 MMM tep). En fait, les réserves de tourbe sont encore mal connues car considérée jusqu'à présent comme un combustible mineur (parce que moins énergétique) elle n'a pas donné lieu à un inventaire systématique.

Signalons que l'utilisation énergétique de la tourbe remonte aux années 1920. (en U.R.S.S.)

La production industrielle mondiale de tourbe entre 1979-1980 est évaluée à environ 220 MMT/an . (Voir répartition de la production entre les pays en annexe A).

La tourbe combustible assure:

-2% de l'approvisionnement énergétique soviétique (mais régionalement jusqu'à 20%),

-plus de 25% de l'approvisionnement en IRLANDE,

- 3% de l'approvisionnement nationale énergétique en FINLANDE (chiffre devant doubler d'ici 10 ans).

Elle représente au niveau mondiale environ 1% des réserves de combustibles fossiles, et moins de 0,5% de la production annuelle mondiale.

C'est une matière première mineure, énergétiquement pauvre par nature et contrairement aux tourbes horticoles, la tourbe

combustible ne rentre pas encore dans le champ du commerce international. Elle peut cependant avoir une grande importance à l'échelle régionale, comme le montrent les exemples soviétiques, Irlandais et Finlandais, lorsque l'existence de grandes tourbières jointe à des difficultés géographiques et/ou économiques d'approvisionnement en combustibles classiques lui permet de produire localement des calories au prix de revient le plus bas.

L'exploitation de la tourbe est par ailleurs relativement aisée, (matériaux superficiels) et peut avoir un impact positif sur l'environnement (réhabilitation des sols incultes).

II.2 LA TOURBE DES NIAYES AU SENEGAL

II.2.1 La découverte

La découverte de l'existence de la tourbe au Sénégal remonte en 1979 lorsque dépêchés sur les lieux pour examiner l'ampleur des phénomènes de feu continu et d'évaporation naturelle de gaz signalés par les populations de la localité de DENI BIRAMNDAO, les ingénieurs géologues de la D.M.G (Direction des Mines et de la Géologie) pouvaient constater sur une superficie de plus de 5 hectares des dégagements abondants de fumée provenant de la combustion de dépôts de tourbe en cours d'assèchement. En 1980 de nombreux indices étaient à nouveau identifiés dans la région de Rao.

Une seconde mission de la DMG organisée dans les Niayes permettait de mettre en évidence les indices de MBORO et FAS

BOYE. Dès lors l'idée de définir et de structurer un projet de recherche systématique de tourbe naquit en 1980 et aboutit en 1982 à la création de la C.T.S le 12 février; dont l'objectif est de mener des études de reconnaissance des gisements et de déterminer quelle devrait être la meilleure utilisation de ces tourbes.

Les différents travaux ont permis de mettre en évidence sur l'ensemble du littoral Nord, un potentiel de plus de 52 MM de m³ de tourbe en place en 1982.

Ces résultats ont été jugés suffisamment encourageants pour que le projet figure en priorité parmi les moyens à développer pour résoudre les problèmes énergétiques du Sénégal.

II.2.2 Le gisement et les réserves certifiées

Sur l'ensemble du littoral Nord, le gisement est évalué à environ 52 MM de m³ de tourbe en place de bonne qualité énergétique en 1982.

Les trois principaux sites sont:

Zone sud (Dakar - Mboro) 7.100.800 m³

Zone centrale (MBORO -Loumpoul) 39.326.210 m³

Zone Nord (loumpoul - Rao) 6.039.160 m³

52.466.150 m³

Signalons que les tourbières sont encore en activité (vivantes).

II.2.3 Composition et caractéristiques énergétique:

Les éléments constitutifs sont l'eau, les cendres et les matières volatiles.

II.2.3.1 teneur en eau.

Dans son milieu naturel la tourbe est gorgée d'eau de 70 à 90 % .

A 80% d'humidité totale ,la densité varie de 0,9 à 1,3 donnant une répartition assez serrée au tour de la valeur moyenne de 1.

Sur l'ensemble de la zone, la tourbe a été rencontrée sur une épaisseur de 0,10 à 10,40 m avec une moyenne générale de 2,34 m; la tourbe affleure, et seul un décapage de 10 à 30 cm de pollution superficielle de sable et de culture sera nécessaire pour l'exploitation.

Le climat (température et ensoleillement) se prête particulièrement bien au séchage naturel de la tourbe. La tourbe extraite et foisonnée n'a plus que 10 % d'humidité après 5 à 6 jours de séchage à l'air libre.

Pour chacun des 3 sites identifiés les valeurs suivantes de densité et d'humidité moyenne ont été obtenues après 5 à 6 jours de séchage à l'air libre:

- extension sud: densité 0,29 à 7,9 % d'humidité
- zone centrale: densité 0,21 à 8,8 % d'humidité
- extension nord: densité 0,29 à 9,4 % d'humidité

L'étude statistique des densités in situ (après séchage à l'air libre) pondérées par le volume en place de chaque secteur, montre une répartition assez serrée autour de la valeur moyenne de 0,23 pour l'ensemble de la zone des Niayes. Ce qui donne environ 12 MM de tonne de tourbe sèche (à 8,5 % d'humidité) répartie comme suit:

- Extension sud: 2,1 MM de tonne à 7,9 % d'humidité
- Zone centrale: 8,6 MM de tonne à 8,80 % d'humidité
- Extension nord 1,7 MM de tonne à 9,4 % d'humidité

II.2.3.2 Teneur en cendre (TC)

Elle est généralement très élevée pour les tourbes des Niayes et varie entre 6 et 80% suivant la nature du faciès et sa pollution par le sable.

on distingue suivant la valeur de TC 2 grandes catégories de faciès organiques:

- les tourbes "franche" dont la teneur en cendre totale est par définition inférieure à 40 % sur base sèche.
- les tourbes sableuses et les vases organiques dont la teneur en cendre totale est supérieure à 40 % sur sec.

Les teneurs en cendre moyennes (pondérées par le volume en place exploitable de chaque secteur) de ces différents faciès se présente comme suit :

- Tourbe "franche" TC moyen=22.62% sur sec
- Tourbe sableuse TC moyen=53.04% sur sec
- Vase organique TC moyen=66.71% sur sec

Les cendres totaux ou matières minérales de la tourbe des Niayes peuvent se décomposer en:

- Sable "libre" de pollution théoriquement entièrement libérables.
- matières minérales "intrinsèque" de pollution non libérables, amenées par gravité , précipitation chimique ou ruissellement (minéraux dissous, argiles etc..)
- minéraux chimiquement combinés à la matière organique que l'on appelle les cendres de constitution. Leur proportion dans le total des cendres est très importante et peut aller jusqu'à 50% parfois.

Des essais de déssablage effectués en laboratoire par coupure granulométrique et flottation ont donné les résultats suivants:

Pour la zone centrale, la composition des cendres (matière minérale) est la suivante :

. SiO ₂ 30 à 80 % avec moyenne	65 %
. Al ₂ O ₃ 5 à 20 % moyenne =	10 %
. Fe ₂ O ₃ et TiO ₂ : 4 à 80 % avec moy	14,5 %
. CaO jusqu'à 20 % —————> moyenne	5 %
. SO ₃ de 0,1 à 6 % —————> moyenne	1,4 %
. Na ₂ O de 0,2 à 4 % 196 —> moyenne	1 %
. K ₂ O jusqu'à 1 % —————> moyenne	0,6%
. MgO de 0,3 à 3 % moyenne	1,4%
. des éléments en trace :Cl ₂ , Plomb, Canadium, Mercure	

II.2.3.3 La qualité organique

On entend par qualité organique de la tourbe, la qualité de la seule fraction organique sèche ; c' est à dire :

- la composition élémentaire organique (les pourcentages de carbone, d'hydrogène, oxygène ,d'azote ,de soufre et de matières volatiles);
- le pouvoir calorifique supérieur organique (PCSO).

Cette matière organique représente 39 à 66% du poids total sec selon le faciès et sa composition est la suivante:

Carbone	65 à 70%	avec une moyenne de	62 %
Hydrogène	60 à 65%	avec une moyenne de	5,5 %
Oxygène	25 à 30%	avec une moyenne de	29,5 %
Azote	1.5 à 2.5%	avec une moyenne de	1,8 %
Soufre	1.1 à 1.9%	avec une moyenne de	1,2 %

100 %

Matières volatiles 66 %

Le pouvoir calorifique supérieur organique PCSO est comprise entre 5300 et 6300 Kcal/kg avec une moyenne de 5974 Kcal/kg.

Le taux en cendre très élevé de la tourbe des Niayes influe considérablement sur la valeur de ses autres caractéristiques (densité et humidité ,pouvoir calorifique) ;aussi rapporte-t on souvent ces paramètres à la seule fraction organique. Ceci permet de mieux caractériser la nature combustible organique de la tourbe en place, indépendamment des apports minéraux inertes extrêmement irrégulières qu'elle a pu recevoir.

II.2.3.3.1 Densité sèche et humidité totale organique in situ

Soient:

D2 la densité de la tourbe (toute la matière solide)

Dm la densité minérale sèche ,

Do la densité organique sèche;

On a : $D2 = Dm + Do$

Compte tenue de la perte au feu de matières minérales estimée à 5% en moyenne nous avons: $Dm = 1.05(TC/100)D2$

d'où $Do = D2(1 - 1.05TC/100)$

Do représente la densité sèche "UTILE" de la tourbe ; il varie de 65 à 145 Kg/m³ avec une moyenne de 111.3 Kg/m³

II.2.3.3.2 Humidité totale organique Hto (tourbe saturée d'eau)

Elle est définie par la formule suivante:

$$Hto = Ht / (1 - .01Tm(1 - .01Ht))$$

Où Ht = humidité totale de la tourbe (matières organique et minérale)

$$Tm = 1.05TC$$

Le PCSO tout comme le PCS se détermine par :

$$PCSO = PCS(1 - .01Tm).$$

des analyses ont fourni la corrélation suivante:

$$PCS = 5974 - 63.2TC$$

(avec un facteur de corrélation K = 98.5%)

Le PCSO s'obtient en prenant TC = 0

Tableau I-2

COMPOSITION DE LA TOURBE

Facies	Cendres Totales (TC)	Sable "libre"	Cendres de Constitution	Matieres minerales Intrinseques	Matieres Organiques
TOURBE FRANCHE A 9% DE TC	9%	0%	9%	0.45%	90.55%
TOURBE a 35% de TC	35%	22.5%	12.5%	0.625%	64.375%
TOURBE A 60% de TC	60%	43.5%	16.5%	0.825%	39.175%
VASE ORGANIQUE a 60% de TC	60%	30.8%	29.2%	1.46%	38.54%

Ce bilan en matiere montre que le sable libre est le principale responsable des TC eleves du gisement des Niayes

Signalons enfin que le taux de cendre et le pouvoir calorifique moyen de l'ensemble du gisement sont respectivement 42,7 % (en poids de matière sèches) et 3270 Kcal/Kg . De même 60% du gisement est constitué de tourbe "franche" (TC<40%)

III/ PERPECTIVES POUR L'AVENIR ENERGETIQUE

Face à ces menaces, le gouvernement à mis sur pied de vastes programmes dont le programme RENES.

Ce programme vise à réduire de moitié la consommation intérieure de produits pétroliers; à renforcer la priorité donnée à la lutte contre la déforestation compte tenu de la sécheresse persistante qui affecte l'ensemble du pays et de parvenir en 1990 à ramener à 100.000 Tonnes [2] la consommation annuelle de charbon de bois , en :

1°) limitant la demande d'énergie par des mesures de rationalisation de son utilisation et en commençant par les économies d'énergies dans l'industrie.

2°) introduisant des énergies et de combustibles locaux de substitution (tourbe,hydroélectricité,énergie nouvelles et renouvelable) ou des combustibles importés moins coûteux en remplacement des produits pétroliers et du charbon de bois.

Dans la première partie de cette politique de l'énergie, il s'agit de rééduquer les équipements industriels. La plupart des industries datant d'avant 1970, à cette époque pour maximiser la rentabilité, les usines devaient minimiser les investissements en capital et tirer le meilleur parti des coûts d'énergies alors faibles.

Aujourd'hui l'énergie étant devenu, le facteur de production le plus important, il faut procéder à des investissements très économiques de recalibrage pour des économies d'énergie par la mise en oeuvre des dernières innovations technologiques.

Ceci consistera entre autres actions à :

-remplacer les équipements et procédés classiques par de nouveaux plus sobres en énergie,

- récupérer les calories de bas niveau par des échangeurs nouveaux.

- remplacer les vannes et clapets de détente par des turbines.

Dans la seconde partie et c'est là où s'inscrit ce projet, il s'agit d'élaborer une stratégie visant à réduire et à réorienter la consommation d'énergie des ménages surtout dans les zones urbaines qui se trouve jusqu'ici axé principalement sur les combustibles ligneux.

Le bois et le charbon de bois couvrent environ 60% des besoins énergétiques totale du pays et environ 90% celles des foyers. Cette étude, comme celle de la vulgarisation de l'utilisation du gaz butane ou des foyers améliorés, a donc pour but de " proposer une stratégie de l'énergie à même de satisfaire les besoins en

combustibles des ménages urbains sénégalais tout en protégeant le patrimoine des ressources forestières du pays.

Parmi toutes les alternatives de substitution au charbon de bois provenant des forêts naturelles; entre autre la production locale de bois par la plantation d'arbres à croissance rapide, l'importation éventuelle de charbon de bois d'autres pays forestiers Africains, d'Amérique et d'Europe; l'option tourbe parait la plus intéressante sur les plans social et économique du pays.

En effet l'exploitation des tourbes des Niayes sous forme de briquettes carbonisées va contribuer tout d'abord, de façon efficace à enrayer la déforestation croissante du pays. Elle peut également être l'occasion d'une relance du développement agricole de toute la région des Niayes; car l'extraction de la tourbe, loin de détruire l'environnement permettra le maintien de l'écologie et une amélioration de l'agriculture par le biais de la réhabilitation des sols.

C'est au vu de la rentabilité et surtout de l'importance de ses impacts sur la collectivité nationale du pays que tout projet de mise en valeur de cette immense réserve de tourbe des Niayes doit être évalué.

L'option tourbe combustible domestique par rapport aux autres solutions envisagées pour résoudre le problème énergétique:

Pour faire face aux problèmes de l'énergie au Sénégal, plusieurs solutions ont été proposées ces solutions peuvent se classer en 2 groupes :

a) celles qui visent à réduire la consommation de l'énergie par des économies d'énergie ; on peut citer par exemple l'introduction de foyers améliorés, les économies d'énergie dans l'industrie;

b) les autres qui visent à réorienter la consommation vers des énergies de remplacement on peut citer

- l'introduction et la promotion du gaz butane.
- La production locale de bois par la plantation d'arbres à croissance rapide.
- importation éventuelle du charbon de bois depuis d'autre pays forestiers Africains, d'Amérique du Nord et du Sud et d'Europe.
- L'option tourbe pour utilisation domestique et industrielle .

Parmi toutes ces solutions la solution tourbe paraît la plus économique susceptible d'avoir des impacts significatifs.

En effet:

- la diffusion des foyers améliorés permet de diminuer la consommation de bois dans la cuisine. Cependant, malgré cet effet positif, elle n'empêchera pas le déboisement car à cause d'une certaine poussée démographique qui affecte les pays d'Afrique, la consommation de bois continuera à augmenter.

- les économies d'énergie dans l'industrie, diminuent la facture pétrolière mais ne contribuent en rien à la lutte engagée contre la déforestation et le déboisement ; nos agglomérations étant encore peu électrifiées.

- le recours au gaz butane semble une solution valable à long terme mais il est à craindre que la pénétration de ce combustible sur le marché ne soit lente. De plus par rapport au butane, l'option tourbe constitue une solution de mise en valeur d'une ressource nationale (locale).

- Ni la plantation d'arbre à croissance rapide, ni l'importation de charbon de bois étrangers ne permettent de disposer le combustible (charbon de bois) à moins de 100 FCFA le Kg, alors que l'option tourbe, dans le pire des cas, conduit à un prix de vente du charbon de tourbe au consommateur égale à 70 FCFA le Kg (2).

- Enfin, le projet d'utilisation de la tourbe par centrale thermique pour la production d'électricité quoique rentable, occasionne des coûts d'investissements très élevés (de l'ordre de 30 MMM FCFA) et ne contribue pas à la priorité nationale qu'est la lutte engagée contre la déforestation. C'est pourquoi en Juillet 1985 à Paris, lors de la réunion des bailleurs de fonds sur le secteur de l'énergie, le Gouvernement du SENEGAL a annoncé qu'il renonçait à ce projet compte tenu des possibilités d'approvisionnement en énergie hydroélectrique offertes à moyen terme par le barrage de Manantali .

(Pour plus de détail sur les impacts et la justification économique du projet voir en annexe A)

METHODES DE PREPARATION DES BRIQUETTES

I / INTRODUCTION

Des enquêtes ont montré que l'usage de la tourbe brute dans les foyers domestiques n'allait pas sans inconvénients: fumées abondantes , difficultés d'allumage, il ne fallait donc pas s'attendre à une pénétration rapide et facile du marché par ce nouveau combustible qui, à l'état brut, se rapproche plutôt plus du bois que du charbon de bois. Ces deux grands inconvénients (fumées abondantes, difficultés d'allumage) sont dûs respectivement à la teneur en matière volatiles et teneur en cendre trop élevées. Rappelons qu'alors que la teneur en matière volatile élevée est une caractéristique naturelle de la tourbe due à son stade peu évolué dans la classe du charbon , le taux de cendre élevé des tourbes des Niayes provient du fait de sa pollution par le sable (libre) qui est venu s'ajouter aux matières minérales d'origine et forme avec ces dernières ce qu'on appelle les cendres. Cette pollution a résulté du fait que la zone tourbière des Niayes est habitée par des populations qui y pratiquent en plus des maraichages.

Pour améliorer les caractéristiques du combustible afin de le rendre plus acceptable, il s'avère alors nécessaire de carboniser et dessabler la tourbe.

Lorsque le taux de cendre de la tourbe carbonisée est inférieur à 35%, ses caractéristiques énergétiques se rapprochent alors de celles du charbon de bois et des enquêtes effectuées sur le marché ont prouvé que sa pénétration dans les foyers devrait être plus facile à condition seulement que son prix soit attractif.

SCHEMA a)

Traitement par voie HUMIDE
de la Tourbe COLLOIDALE

Tourbe brute
(80% d'Eau)

delitage
(Cs=150 g/l)

racines

Homogeneisation
(Cs=125g/l)

Eau recyclee

Hydrocyclonage

Under-Flow

sable

OVER-FLOW

Tourbe Epuree

Decantation

Conditionnement

Floculant

Filtration

Eau Recyclee
Si possible

Extrusion

Briquettes

si elle n'échouent pas. Pour la séparation thermique par exemple, il faut plus d'énergie que celle contenue dans la tourbe récupérée.

I.1.2 Déssablage de la tourbe par voie sèche (schema page suivante) Ce procédé consiste essentiellement à broyer la tourbe préalablement séchée à l'air libre , puis à traiter séparément , diverses tranches granulométriques. La récupération de la tourbe est d'environ 83,5 % avec un P.C.S de 4339 keal/kg et un taux de cendre de 25,81 %, si le taux de cendre initial est de 41,04% au départ.

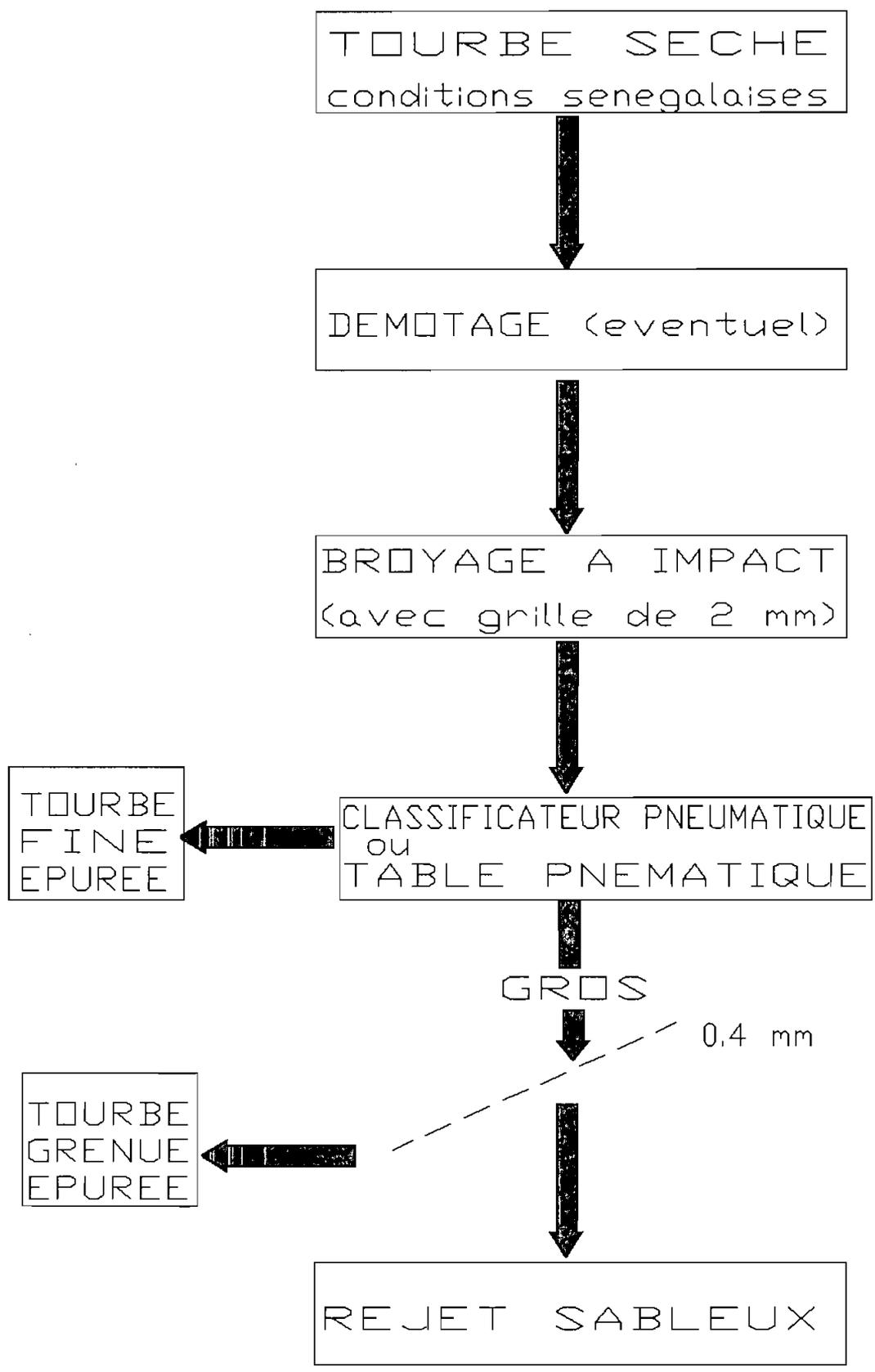
L'épuration par cette voie bien que assez bonne ($T_c < 27\%$) exige un circuit industriel et un appareil plus complexe d'autant plus que la production de poussière et les risques d'autocombustion doivent être maitrisés. Le broyage de la tourbe la réduit en fine poussière difficilement maniable et ne peut être carbonisée directement. Cette poussière de diamètre inférieur à 1,5mm brûle et disparaît avec les gaz de fumée. Le seul moyen serait de procéder à une agglomération (briquettage) avant la carbonisation.

I.1.3 Dessable par voie humide de la tourbe sèche (schema 2è page suivante):

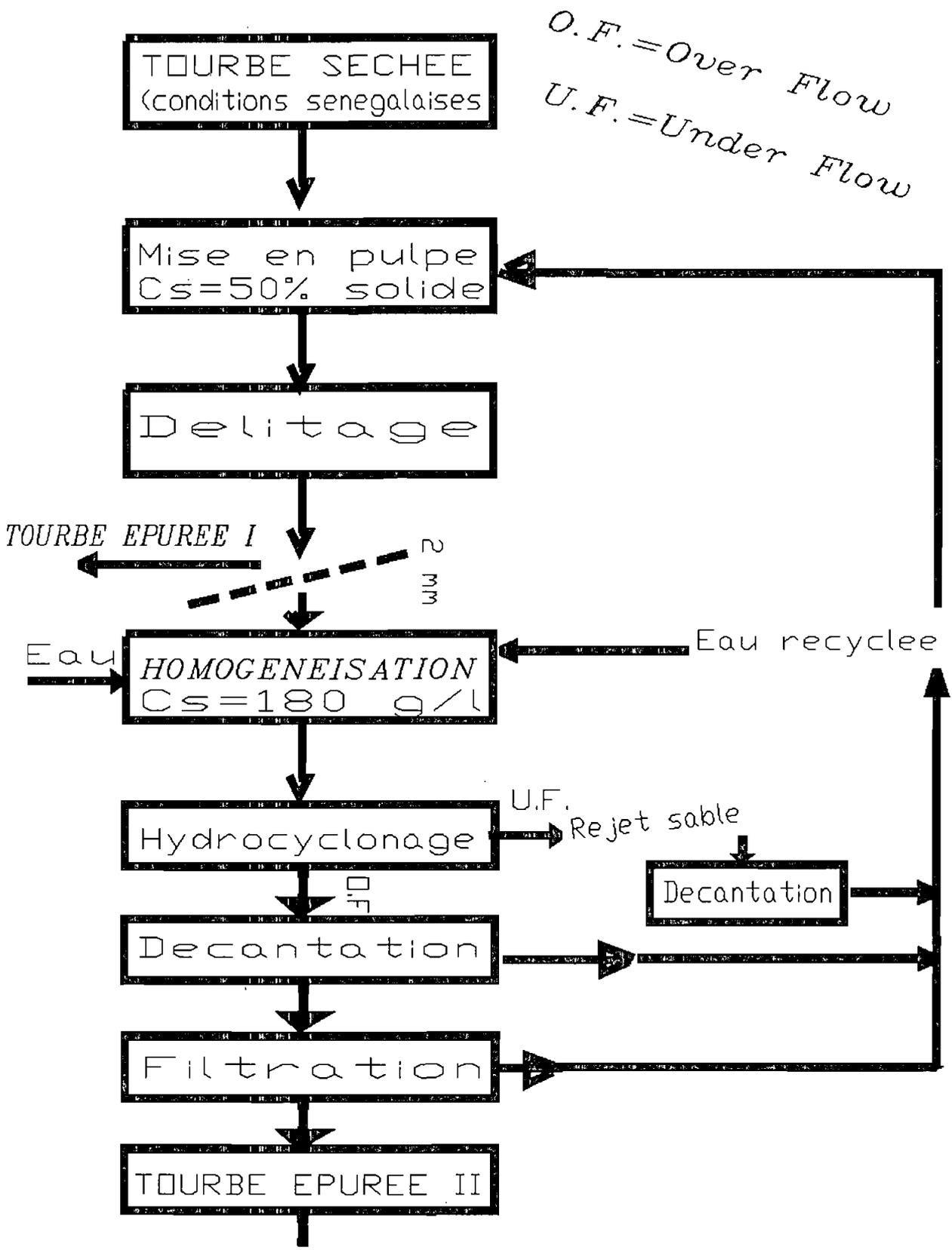
Le processus est le même q'en I.1.1/ sauf q'au lieu de tourbe humide, l'alimentation se fait en tourbe préablement séchée. Le rendement ici est moins bon que les précédents. Avec une tourbe séchée à l'air libre de 49,92 % de taux de cendre et 2896 kcal/kg de PCS , le procédé donne 77,7 % de recupération avec un pouvoir calorifique de 4060 kcal/kg et un taux de cendre de 28,9 %.

I.1.4 Dessablage de la tourbe carbonisée par voie humide

Même cheminement qu'en I.1.1/ et I.1.3/ sauf que l'alimmentation se fait en tourbe déjà carbonisé et broyée. le taux de recupération n'est guère satisfait.



*TRAITEMENT DE LA TOURBE
PAR VOIE SECHE*



SCHEMA C)

DESSABLAGE PAR VOIE HUMIDE
de la TOURBE SECHEE

I.1.5 Déssable par voie sèche de la tourbe carbonisée.

Même procédé qu'en I.1.2/ sauf que l'alimentation se fait en charbon de tourbe préalablement broyée.

le taux de récupération est de 79,1 % .Après un simple tamissage avec ou sans broyage, 60 % du charbon sont récupérables avec un taux de cendre de 6 à 10 % inférieur au taux initial et de 10 à 20 % inférieur à celui de la fraction à fines particules. Cette méthode semble donc la plus intéressante surtout pour les tourbes de teneur en cendre élevée. (35-55 %).

I.2 CARBONISATION :

Le dégagement important de fumée et les difficultés d'allumage de la tourbe brute ont conduit à penser à sa carbonisation. Elle permet d'augmenter le pouvoir calorifique et d'en diminuer les taux de matière volatile et d'humidité ; conditions favorables à une bonne combustion.

Dès lors les méthodes de carbonisation habituellement utilisées au Sénégal pour le bois ont été testées:

- la meule casamançaise (schéma 1)
- la meule cornue (schéma 2)

Les résultats suivants ont été obtenus:

Méthode	Quantité de bois utilisé	Quantité de tourbe départ	quantité finale	Rendement pondéral(%)	temps carbo.	temps refr
Meule casamançaise	1800 kg	3747.9 kg	1861 kg	50	45 h	24h

Meule cornue	174.5 kg	104.7 kg	59.8 kg	57%	4 h	48h
--------------	----------	----------	---------	-----	-----	-----

Comme on peut le voir à partir du tableau, ces méthodes présentent

des inconvénients notoires à savoir:

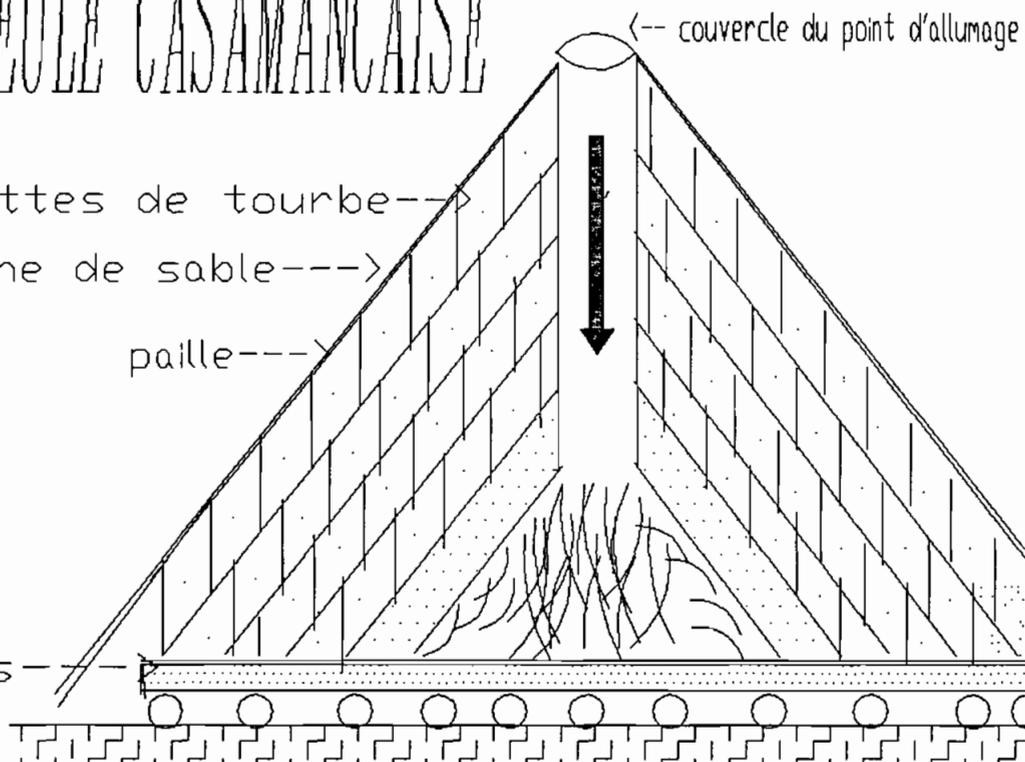
- quantité de bois utilisé trop importante,
- durée d'opération trop importante,
- rendement énergétique faible,

ajouter à ceux-ci le problème d'étanchéité . Ce qui a conduit à

CARBONITION DE BRIQUETTES DE TOURBE EN "MEULE CASAMANCAISE"

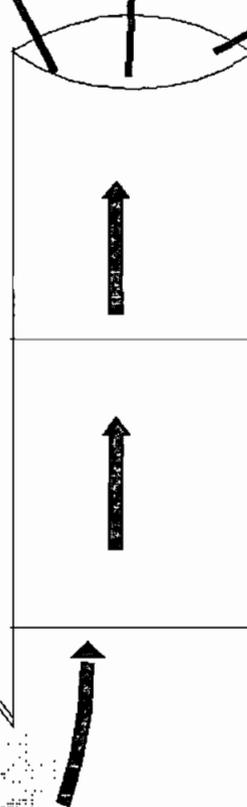
Briquettes de tourbe-->
couche de sable--->
paille--->

bois---



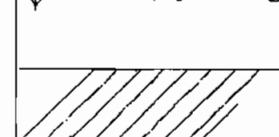
Meule vue en coupe transversale

CHEMINÉE



SCHEMA 1

cuve de recuperation
(de pyroligneux)

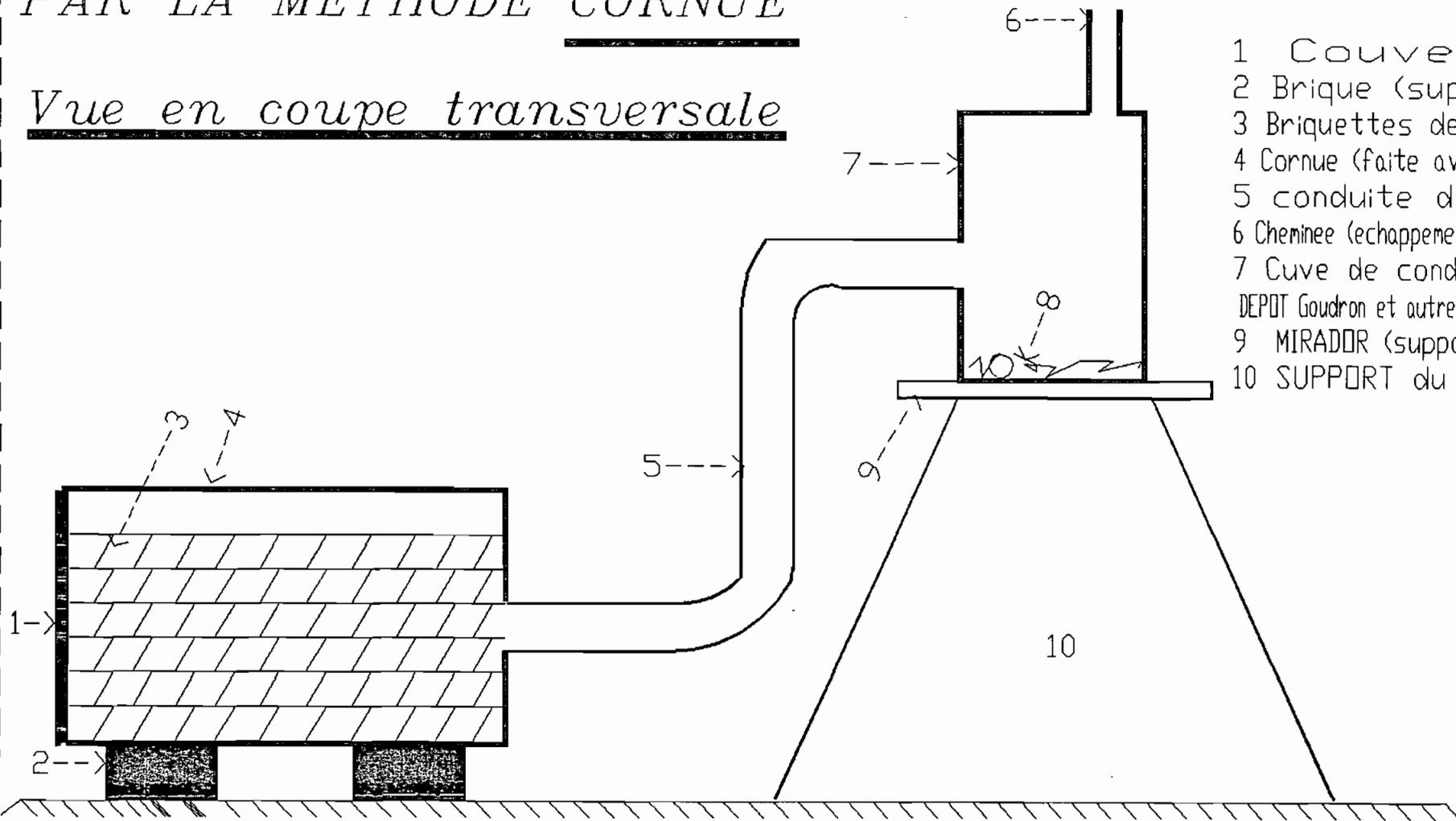


CARBONISATION DE BRIQUETTES DE TOURBE
PAR LA METHODE CORNUE

Vue en coupe transversale

LEGENDE

- 1 Couvercle
- 2 Brique (support)
- 3 Briquettes de tourbe
- 4 Cornue (faite avec 1 FUT)
- 5 conduite des gaz
- 6 Cheminee (echappement des gaz)
- 7 Cuve de condensation
- DEPOT Goudron et autres pyroligneux
- 9 MIRADOR (support cuve)
- 10 SUPPORT du mirador



orienter les études vers les fours métalliques .

Les résultats sont plus satisfaisants.

- le temps d'enfournement, de carbonisation et de défournement qui est d'une semaine pour les méthodes traditionnelles s'en trouve réduit à 3 jours.

- la qualité du charbon est meilleure. (pas de pollution par le sable).

- en faisant fonctionner simultanément 3 fours de ce type le prix de revient technique de carbonisation pourrait passer du double au simple soit de 12,2 à 6,6 fcfa le kg de tourbe carbonisée.

Signalons que pour atteindre la capacité de production de 10.000 tonnes/an de charbon il faudra 36 fours de 8m³ chacun.

Quelques résultats de la carbonisation aux fours métalliques:

(volume du four 200l)

Tourbe brute	tourbe carbo.	bois utilisé	rendement pondéral	temps de carbonisation	temps de refroidissement
90 kg	52 kg	4.25	58%	36 h	24 h

avec des fours métalliques de 8m³ les résultats suivants ont été obtenus:

- le taux de matière volatile passe de 51,61 % à 15,57 % ,
- le pouvoir calorifique de 4278 kcal/kg à 5002kcal/kg
- le taux de cendre de 14,37 % à 33,33 %
- et la densité de 0,58 à 0,48 (pour les briquettes).

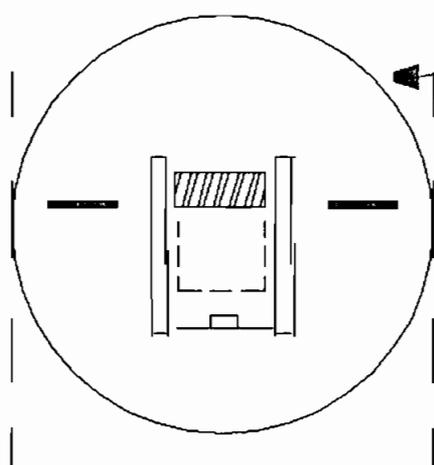
Le four métallique présente certes des avantages sur les méthodes traditionnelles mais quelques problèmes persistent:

- la production d'une grande quantité de tourbe carbonisée demande un nombre excessif de four à manier (36 fours pour 10.000 tonnes/an).

- les fours devant être transportables de zone en zone, il leur faut avoir une masse convenable.

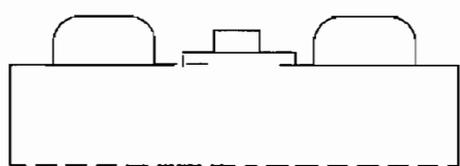
- la masse des viroles est trop importante pour être manier

FOUR METALLIQUE DE CARBONISATION

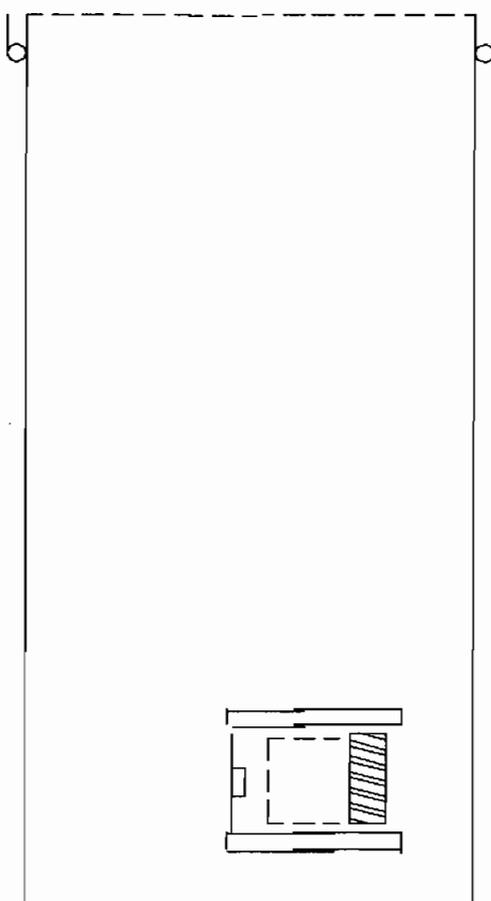


couvercle

Event
d'Evacuation



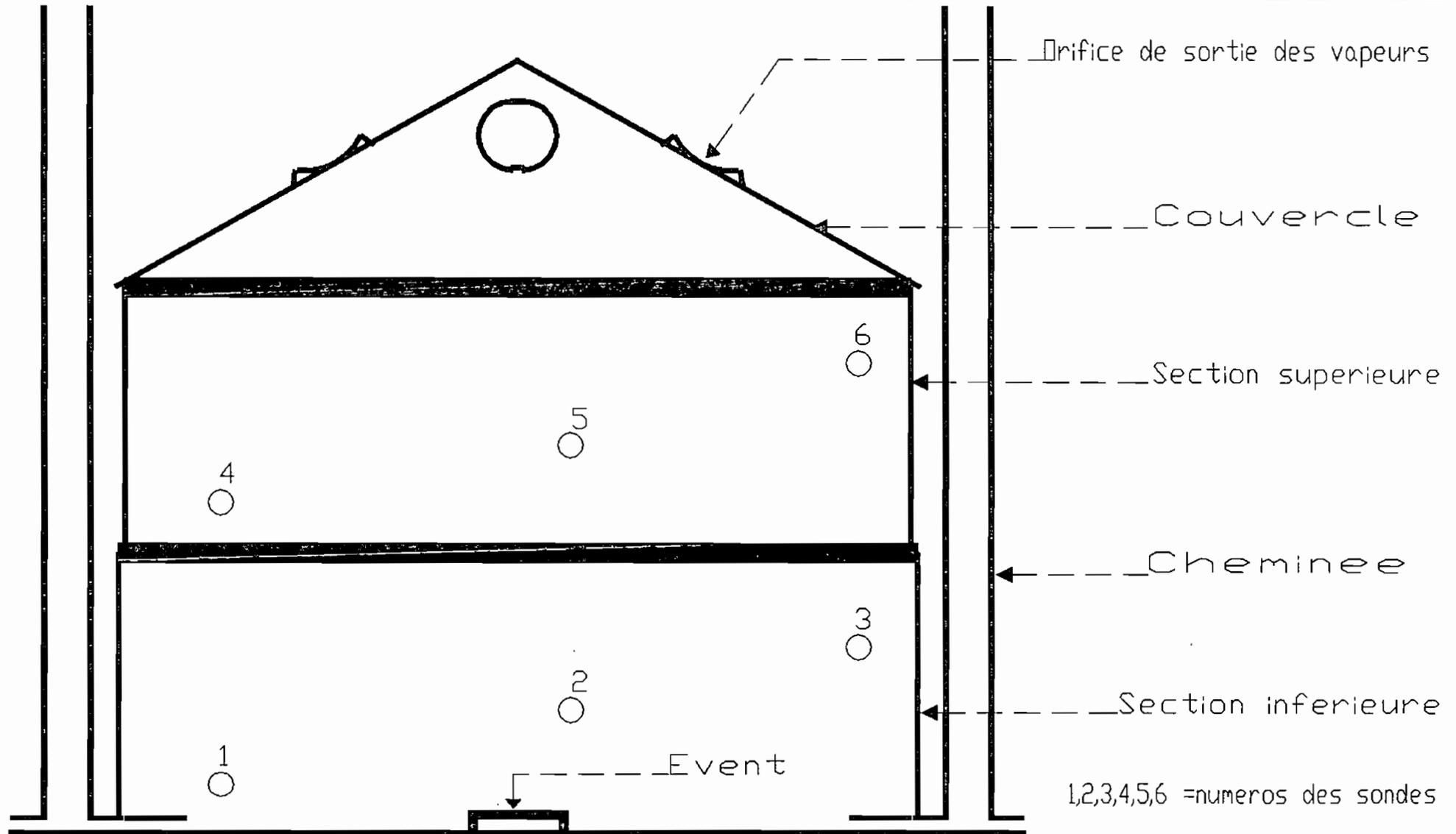
Poignee



Gorge a sable

Event de tirage

SCHEMA DU FOUR METALLIQUE TRANSPORTABLE de 8 m³



facilement.

Signalons que dans le processus industriel, la méthode à utiliser sera la cokéfaction en vrac de la tourbe (et non des briquettes) dans des fours rotatifs . Ceci aidera à résoudre tous ces problèmes techniques mais posera un autre ; celui de l'agglomération du charbon.

II/ PREPARATION DES BRIQUETTES

II.1 PRESENTATION DES FILIERES D'EXPLOITATION

Pour la fabrication des briquettes 5 procédés sont envisageables (voir schéma page suivante)

ces 5 cas possibles peuvent être regroupés en 2 classes:

*la 1ère (filière 1) fait intervenir le briquetage avant carbonisation

-dans la 2ème (filière 2) la carbonisation précède le briquetage

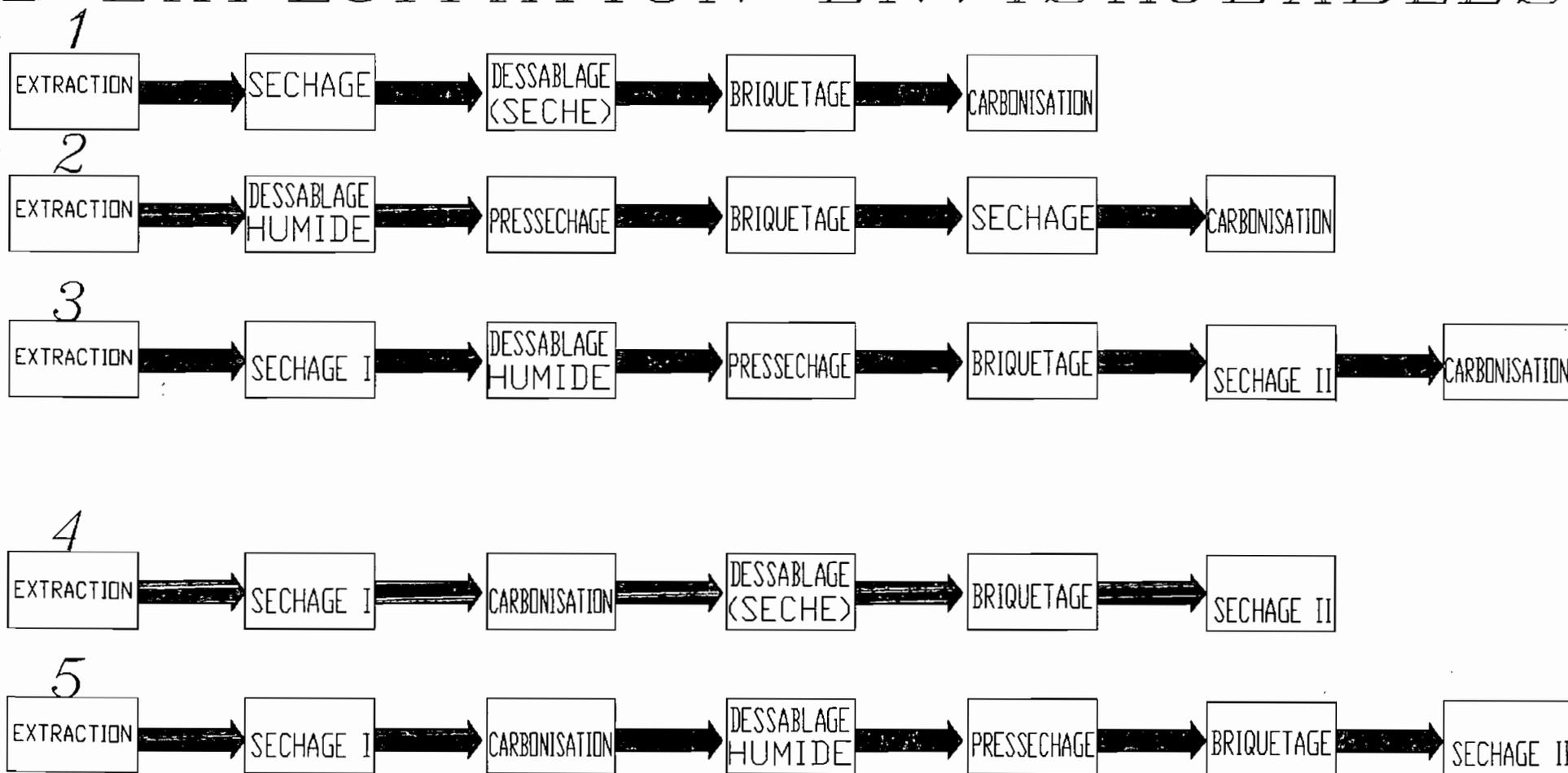
Notons que dans tous les cas le dessablage est une opération non obligatoire ; il intervient seulement lorsque la teneur en cendre initiale ne permet pas d'obtenir un produit final(carbonisé) dont la teneur en cendre est <35%; (ou encore pour des TC>21% environ)

II.2. LA FILIERE N°1

La filière comprend dans l'ordre : l'extraction, le préséchage le briquetage , le séchage et la carbonisation.

Cette séquence pouvant contenir une opération de désablage (éventuelle) avant ou après le poste de préséchage.

PRESENTATION DES FILIERES D'EXPLOITATION ENVISAGEABLES



II.2.1 Extration

La tourbe étant superficielle , seul un décapage de 20 cm environ de couche superficielle sera nécessaire. Elle sera déposée à proximité de la tourbière pour être utilisée ultérieurement à d'autres fins. Le décapage peut se faire par une pelle hydraulique munie de chevilles. La même machine peut être utilisée pour l'extraction proprement dite.

Une humidité in situ très élevée de 85 à 90 %, ajoutée à une variation de la qualité (teneur en cendre) même à l'intérieur d'une même tourbière, imposent 2 Opérations supplémentaires obligatoires avant le briquetage. Il s'agit du préséchage et de l'homogénéisation.

II.2.1.1 L'homogénéisation

C'est une opération obligatoire si l'on veut obtenir une qualité bien déterminée ou un produit assez homogène. Conduite manuellement, l'homogénéisation est un travail long et fastidieux. Il serait nécessaire alors de prévoir un système mécanique d'homogénéisation qui permettrait d'opérer à des rendements meilleurs si l'on opère à grande échelle.

II.2.1.2 Le préséchage

Après 3 à 5 jours de séchage naturel avec une épaisseur de couche de 20 à 25 cm, l'humidité tombe à environ 45 %. Ce qui permet une meilleure tenue des briquettes, et par conséquent un transport facile (par chariot) vers les aires de séchages.

2 phénomènes sont observés au cours de cette opération :

- une fragmentation de la couche
- une solidification progressive mais hétérogène des fragments.

La fragmentation liée à la rétraction volumique de la matière organique résulte d'une fissuration progressive et très irrégulière

de la couche de tourbe étalée. La surface apparente de chaque fragment très irrégulière forme une croûte plus sèche et plus dure que l'intérieur du fragment. La croûte s'épaissit de plus en plus au cours du séchage au dépens du noyau qui reste souvent colloïdal. L'ensoleillement a une influence primordiale évidente sur la rapidité du séchage.

II.2.2 Le briquetage

Elle peut être faite manuellement par un moulage à la presse (dans ce cas un problème de colmatage est à résoudre) ou bien dans une chaîne industrielle. Les essais réalisés jusqu'à présent l'ont été dans les briqueteries de POUT , de SEBIKOTANE et dans la filière mobile de Touba NDIAYE (centre pilote).

A ce stade , en plus de la détermination des taux d'humidité optimum en fonction des qualités de tourbe utilisées pour permettre une bonne opération de briquetage , il faut chercher un compromis entre :

Un combustible suffisamment aéré pour permettre une combustion et un allumage facile ,

et un combustible suffisamment compacté pour lui assurer une bonne tenue mécanique afin d'éviter les pertes en fines particules lors de la carbonisation et des opérations de transports et de manutention.

II.2.3 Le séchage des briquettes

La durée du séchage est déterminée par l'action conjuguée des 4 facteurs suivants :

a/ la température et l'humidité de l'air, autrement dit l'état de l'air,

b/ le degré de renouvellement de l'air ; c'est à dire la

quantité d'air avec laquelle le corps à sécher entre en contact au cours d'une période déterminée.

c/ la surface spécifique, i.e. la grandeur de la surface du corps par rapport à son volume.

d/ la nature ou l'état de la surface du corps.

Le processus de séchage commence par la migration de molécules d'eau en direction de l'air, migration due à l'existence d'un gradient d'humidité entre la surface des briquettes où débute le séchage et l'intérieur de la briquette plus humide. Ce gradient constitue l'un des facteurs essentiels de la migration de l'eau de l'intérieur vers l'interface produit-air.

Le séchage débutant à la surface est accompagné d'un retrait caractérisé par un rétrécissement des capillaires de la surface, au fur et à mesure que le séchage progresse. Lorsque l'air est complètement saturé de vapeur, il n'absorbe plus d'eau provenant de la briquette et le séchage s'arrête.

2 modes de séchage sont possibles : le séchage sous-abri et le séchage à l'air libre (au soleil).

II.2.3.1 Le séchage sous abri

Sous un séchoir fermé à la forme d'un hangar à toit de zinc, une briquette venant d'être façonnée prend 10 à 15 jours, suivant les qualités (TC) pour amener son humidité de 55 % à 15 %. La durée étant plus élevée pour les teneurs en cendre moins élevées.

Le rendement journalier de séchage est l'ordre de 2 à 4% de baisse d'humidité de la briquette, qui peut encore être amélioré par la création d'ouvertures (évents) devant favoriser une circulation d'air plus intense.

Ce mode de séchage quoique long, donne plus de garantie à la forme des briquettes et élimine toute possibilité de fissuration au cours de l'opération.

II.2.3.2 Séchage à l'air libre

Les briquettes sont directement exposées au soleil. L'air ambiant a un très bon pouvoir d'absorption d'eau, aux heures d'ensoleillement.

La baisse d'humidité journalière est de 4 à 10 % en fonction des qualités de tourbes. Après 4 à 5 jours le taux d'humidité passe de 45 % à environ 10 %. Comme pour le séchage sous-abri la durée de séchage est plus long pour des teneurs en cendre moins élevées.

Ce mode de séchage est plus rapide par rapport à celui sous-abri, cependant il s'en suit un séchage superficiel trop fort, créant un retrait maximal en surface, tandis que le coeur conserve ses dimensions relativement grandes. Il en résulte alors une forte fissuration sous l'effet des contraintes induites (rétraction) formées dans la couche superficielle et des contraintes de cisaillement (induites) à l'intérieur. Cette fissuration est encore intensifiée par les hétérogénéités de texture dans la briquette.

Le séchage à l'air libre est apparemment le mode de séchage le plus simple et plus adapté qui n'occasionne presque pas de dépenses, cependant pour éviter des fissurations parfois trop profondes qui détériorent la tenue des briquettes un séchage préliminaire sous-abri de 2 à 3 jours est nécessaire avant l'exposition au soleil.

La masse volumique de la briquette reste sensiblement constante au cours de séchage ; le pouvoir de rétraction assez grand de la tourbe (70 à 75 %) venant compenser les pertes d'eau.

Notons que le séchage au soleil permet d'obtenir un poids volumique plus petit que lors du séchage sous-abri.

II.2.4 La carbonisation

II.2.4.1 Description du four métallique transportable et assesseurs :

A côté du four rotatif de la chaîne de production, la carbonisation peut être faite de façon semi-industrielle dans des fours métalliques transportable .

il est composé de :

- 2 viroles de 1 m de haut sur 2 m de diamètre chacune,
- 1 couvercle pour fermer la virole supérieure,
- 8 supports de cheminée pouvant à la fois servir d'entrée d'air et de sortie de vapeur,
- 4 cheminées de 20 Cm de diamètre et de 2,5 m de haut.

Un thermomètre à thermocouple composé de 6 soudes thermométriques et d'un compteur digital permet d'enregistrer la température à tout moment à l'intérieur de la charge. Pour la pesée des briquettes avant et après carbonisation, peut être utilisé une bascule d'une portée de 1000 Kg.

II.2.4.2 Méthode

Comme toute carbonisation, on peut suivre le schéma habituel suivant :

- pesée de la matière première avant carbonisation
- enfournement
- carbonisation
- refroidissement
- défournement
- pesée du charbon, puis détermination du rendement pondéral

II.2.4.3 Enfournement

Les premières briquettes peuvent reposer sur un lit de bois mort, de brindilles et de paille pour faciliter l'allumage ; ou bien être posées à même le sol dans la première virole sans combustible autre que la tourbe. Dans ce dernier cas il peut être

aménagé à l'intérieur de cette première virole une sorte de fosse de 80 Cm environ de diamètre sur 50 cm environ de profondeur, le fond de la fosse communiquant directement avec le milieu extérieur par des entrées d'air et/ou sortie de vapeurs (8 événements). Pendant l'enfournement, des cheminées (au nombre de 3) placées à égale distance à l'intérieur de la première virole, en contact direct avec le fond de la fosse servent d'aérations d'air.

Les sacs de tourbe sont vidés en vrac dans la première virole puis dans la seconde. L'opération d'enfournement se termine par la mise en place du couvercle après retrait des cheminées. Les sondes thermométriques sont mise en place durant l'enfournement à l'atteinte de leur niveau respectif.

II.2.4.4 L'allumage

L'allumage peut avoir lieu aussi bien à la base du four, au niveau des entrée d'air que par le haut au niveau des cheminées d'aération. Dans le 2^e cas il consiste à introduire des braises à l'intérieur de la charge à l'aide d'une pelle, à travers les cheminées d'aération. Pour homogénéiser l'allumage, les cheminées doivent être soulevées après chaque introduction de braises. Pour les dimensions ci-haut spécifiées du four, 3 introductions de braise au niveau de chaque cheminée (1 au fond, 1 au milieu et 1 à la partie supérieure) suffisent.

Après l'allumage, les cheminées sont complètement dégagées et le couvercle mis en place. Pour renforcer l'étanchéité du four, on peut mettre de la terre argile entre les bords supérieurs de la virole et du couvercle et aussi du sable tout autour de la partie basale du four.

II.2.4.5 Carbonisation

La carbonisation consiste à chauffer la matière première (tourbe) jusqu'à sa décomposition en gaz, liquide et résidu solide

qu'est le charbon. Cette opération comporte deux phases :

- le tirage direct
- le tirage indirect

II.2.4.5.1 Le tirage direct

Pendant le tirage direct, l'air entre dans le four par le bas (entrées d'air) et sort par le haut (sorties de vapeurs). Cette circulation très facile d'air atmosphérique active et accélère la combustion d'une partie de la charge qui servira à chauffer et amener à décomposition la matière première à carboniser.

Cette première phase de la carbonisation est caractérisée par un départ très important de fumées blanches caractéristiques de la présence d'une quantité importante d'eau dans les vapeurs. Cette phase dure 30 à 60 minutes suivant le degré d'allumage.

II.2.4.5.2 Le tirage indirect

Pour réduire les pertes de matières premières relatives à une combustion très active, il s'avère nécessaire de réduire les sorties de vapeurs en augmentant le temps de circulation des gaz à l'intérieur de la charge. Pour cela, il faut boucher les sorties de vapeurs au niveau du couvercle. Ainsi l'air qui pénètre par le bas du four, mélangé aux gaz de décomposition de la tourbe monte jusqu'au fond du couvercle puis descend pour ressortir par les cheminées. Ce phénomène de circulation lente de gaz chauds à l'intérieur de la charge facilite les phénomènes d'évaporation d'eau contenue dans la matière première, réduisant ainsi les pertes d'énergie relatives aux phénomènes d'endothermie. L'installation du tirage direct consistera d'abord à mettre en place les 4 cheminées. Ces cheminées sont adaptées directement aux entrées d'air (1 entrée sur 2 porte une cheminée). Chaque cheminée est soutenue par 3 petites perches de 5cm de diamètre sur 1,5 m de long. Les 2 premières perches sont placées de part et d'autre de l'entrée d'air, la troisième, où repose la cheminée, est placée

perpendiculairement aux 2 autres dont elle est fixée par des ficelles.

La carbonisation est caractérisée, au départ, par une sortie abondante de fumée blanche au niveau des cheminées (suite de la phase de combustion-séchage). Cette fumée diminuera au fur et à mesure que la carbonisation se poursuivra pour devenir bleue à la fin de l'opération. Il est à noter que lors de la carbonisation, les entrées d'air sont fermées de temps en temps pour diminuer les phénomènes de combustion. Elles peuvent être réduites au minimum dans certains cas (la nuit) pour faciliter ou même supprimer la surveillance nocturne.

Après 10 à 12 heures de carbonisation, les cheminées et les entrées d'air doivent être interverties. Les premières deviennent des entrées d'air et les secondes des sorties de vapeurs.

La température de carbonisation est notée toutes les heures à partir d'un compteur digital relié à des sondes thermométriques. Ceci permet de suivre l'évolution de la température à l'intérieur de la charge en fonction du temps.

Lorsque la fumée qui se dégage des cheminées devient complètement bleue, on arrête la carbonisation.

II.2.4.6 Refroidissement

Le refroidissement consiste à faire baisser la température à l'intérieur de la charge, à la température atmosphérique. Il a lieu à l'abri de tout échange d'air et de vapeurs avec le milieu extérieur. Pour ce faire, on enlève les cheminées et remplit de sable toutes les entrées d'air. On ajoute de la terre argileuse entre les différentes sections du four et du couvercle.

II.2.4.7 Défournement

Lorsque la température de la charge se situe entre 45° et 30°c le four peut être ouvert sans risque de combustion spontanée.

Pour éviter la pollution du charbon par le sable, il est recommandé de dégager la terre argileuse entre les sections et le sable à la base du four. Après dégagement de la section inférieure, le charbon directement commercialisable est mis en sac puis pesé. Les poids obtenus rapportés aux poids initiaux carbonisés permettent de déterminer les rendements pondéraux sur matière anhydre.

II.3 LA FILIERE N°2

Les opérations exécutées ici sont:

- l'extraction,
- le séchage I (à l'air libre)
- la carbonisation (en vrac)
- le dessablage (éventuel)
- le pressechage (éventuel)
- le briquetage
- le sechage II (des briquettes)

II.3.1 La méthode d'extraction est la même que celle de la filière n°1

II.3.2 Le séchage I:

Il s'effectue dans les mêmes conditions que le présechage de la filière N°1. Il n'en diffère que par la durée d'exposition au soleil.

Après 6 à 8 jour de séchage l'humidité résiduelle s'en trouve réduite à environ 10% . A cette valeur de l'humidité la masse du produit ne varie plus :c'est le maximum de séchage que nous pouvons obtenir avec les conditions Sénégalaises

II.3.3 La carbonisation (en vrac)

Elle a lieu en four rotatif et ne peut intervenir que dans la chaîne industrielle.

la température optimale est comprise entre 550°C et 600°C

II.3.4 Le déssablage (voir paragraphe 1 page 26)

II.3.5 Le préséchage (éventuel)

Il est nécessaire lorsque le déssablage se fait par voie humide et dans les mêmes conditions que celles de la filière N°1

II.3.6 Le briquetage

Contrairement à la filière N°1 l'apport de 5 à 8% de liant (melasse , amidon gomme etc..) et d'un peu d'eau est absolument nécessaire.

II.3.7 Séchage II

(mêmes conditions qu' en filière N°1)

II.4 FILIERE N°3 (ajout de poussières de charbon)

La procédure est la même que celle de la filière N°2. Les seules différences interviennent au niveau du déssablage (éventuel) qui doit se faire par voie sèche et du briquetage où du poussier de charbon de bois est mélangé à la tourbe carbonisée avant l'opération.

CHAPITRE 3

DISPONIBILITE ET REPARTITION DU POUSSIER DE CHARBON DE BOIS A DAKAR

I/ INTRODUCTION

Des études ont montré que si la récupération du poussier de charbon de bois et son agglomération avec la tourbe carbonisée se révélaient possible , cela permettrait de porter la production industrielle de tourbe de 30 000 Tonnes/an à 40 000 Tonnes/an.

La région de Dakar consomme à elle seule 80 % de la production du pays en charbon de bois. Il s'agit de présenter ici comment se répartie le poussier que génère ce charbon et quel serait le mode de récupération approprié.

II/ FORMATION DU POUSSIER

Le transport du charbon de bois jusqu'au point d'utilisation et les manutention successives qu'il subit produisent inévitablement du poussier. Plus il est manipulé et plus les étapes dans le transport sont longues et nombreuses , plus importante est la formation.

Les distances parcourues par le charbon approvisionnant Dakar peuvent aller jusqu'à 700 km. Elle sont actuellement de 300 km en moyenne ; mais compte tenu du recul croissant de la forêt , il est certain que cette tendance ira en s'accroissant dans les prochaines

années.

Les principaux autres facteurs intervenant dans cette formation sont :

- La qualité du charbon de bois ;
- Les manutentions aux chargements/déchargements des camions et dans les entrepôts;
- Le tassement des sacs dans les camions et l'état des routes,
- les manutentions des détaillants

III/NATURE DU POUSSIER

Le poussier a un degré de pureté bien inférieur à celui du charbon de bois en gros morceaux. Il contient des fragments de charbon , mais aussi du sable , de l'argile et des pierres en proportions variables.

Le poussier non utilisé se présente surtout sous forme de fines particules de dimensions inférieure à 1 cm. Au dessus de cette granulométrie et jusqu'à une dimension de 3 cm une faible quantité est parfois utilisée par les foyers de bijouterie après criblage.

Notons qu'ici l'évaluation portera sur la seule fraction de dimension inférieure à 1 cm

IV/ METHODES D'EVALUATION DU POUSSIER

Pour connaître le rythme de formation du poussier on peut utiliser 2 méthodes .

La première consiste à se placer au niveau du commerce en gros pour s'approvisionner en sacs de charbon de bois transportés par

camion et effectuer ensuite des pesées avant et après criblage de ce charbon.

La deuxième est basée sur une estimation du poussier au niveau du commerce de détail par le biais des enquêtes dans des points de vente.

IV.1 Evaluation par la première méthode

On pèse d'abord le sac du charbon tel qu'acheté, ce qui donne le poids brut soit x (kg). Puis le sac est déchargé sur un crible à grille de 10 X 10 mm.

Le charbon ainsi débarassé de son poussier est pesé à nouveau ce qui donne le poids net (soit y kg). La proportion de poussier est alors donnée par :

$$(\%)p = 100*(x-y)/x = 100*(1-y/x) \times 100$$

Nous avons les résultats suivants en fonction des régions de provenance

Tableau n°1 Taux moyen de formation du poussier de charbon en fonction de la provenance :

Provenance	Tambacounda	Kaolack	Kolda
Poussier (%)	6 %	8 %	8 %

IV.2 Evaluation par la 2ème méthode (ENQUETE)

Les résultats des enquêtes menés par des membres du groupe de travail interministériels montrent que, sur 100 sacs de charbon de bois livrés, il y a en moyenne 4,5 sacs de poussier perdu.

Sachant qu'en moyenne le sac de charbon de bois pèse 42 kg et le sac de poussier 82 kg, on déduit le pourcentage de poussier :

$$(\%)p = 4,5 \times 82 / 42 = 8,8 \% \text{ soit } = 9 \% \text{ environ.}$$

On remarque que cette deuxième méthode donne un pourcentage plus élevé que le 1^{ère} (7%). Cette différence est imputable aux manipulations supplémentaires au niveau des dépôts où les ouvriers charbonniers ne prennent pas de précautions et montent régulièrement sur le tas constitué pour y déposer un autre sac.

V/ CARACTERISTIQUES PHYSIOCO-CHIMIQUES DU CHARBON DE BOIS ET DU POUSSIER

Le charbon de bois a un pouvoir calorifique moyen de 6939 kcal/kg et une humidité moyenne de 3,5 %. Son taux de matières volatiles moyen est de 23,5 % (inférieur à 30 %). C'est donc un bon combustible commercial.

Selon la provenance du poussier nous avons:

Provenance	TC (%)	Densité
Tambacounda	18,28	0,32
Kaolack	29,13 %	0,42
Kolda	29,13 %	0,42
<hr/>		
Valeur moyenne	21,6 %	0,36

Analyse granulométrique du poussier

- les grosses fractions de 12,5 mm à 425 μ sont de bonnes qualités avec un taux de cende moyen de 16 % (11 pour Tambacounda et 20 % pour Kaolack-Kolda) et représente 78 % du poussier total en poids.

- La fraction (< 425 μ) représentant 23 % du poussier à la limite arrêté pour le charbon de tourbe (35 % maxi) et donc ne peut être utilisé dans l'agglomération avec la tourbe.

- La fraction (425 μ à 1 mm) représentant 17 % peut être directement agglomérée à la tourbe carbonisée sans broyage. La fraction (12,5 mm à 2 mm) qui représente environ 60 % du poussier doit être ramenée à 1 mm (par broyage) pour rendre l'agglomération plus facile.

VI/ MODE DE RECUPERATION DU POUSSIER

Le poussier de charbon de bois se localise exclusivement dans les points de ventes en détail (et non auprès des grossistes).

Pour la collecte de ce poussier on peut regrouper les points de ventes en 2 familles selon qu'ils soient accessibles ou non aux camions.

VI.1 Les points de vente situés dans les quartiers périphériques en cours de lotissement.

Ces points de vente sont très enclavés et non accessibles aux camions à cause des voies très sablonneuses. D'après la répartition des points de ventes effectuée par ENDA en 1974, 39 % soit (12/31) des points de ventes enregistrés sont localisés dans cette zone. On les rencontre surtout dans les quartiers de Pikine, Thiaroye, Guédiawaye, Yeumbeul.

Pour de tels points de ventes, le seul moyen de récupération préconisable pour l'instant est le transport par

charrettes jusqu'à des endroits accessibles aux camions, c'est-à-dire de la même façon que l'approvisionnement actuel en charbon de bois de ces points .

B/ VI.2 Les points de vente situés dans la ville et la proche banlieue

Les points de ventes de ces quartiers bien lotis représentent 61 % (soit 19/31) et sont directement accessibles aux camions. Les camions qui livrent les charbons peuvent être utilisés pour acheminer le poussier vers l'usine, au lieu qu'ils fassent leur voyage retour à vide.

Les avantages principaux de ces 2 modes de récupération du poussier en ville et en banlieue sont :

- le développement des activités des charrettiérs et charbonniers par la collecte du poussier en frét retour,
- la garantie du frét retour pour les camions de la filière du charbon qui vendraient le poussier à l'usine de charbon de tourbe.

VI.3 Transport du poussier vers l'usine

L'implantation de l'usine de charbon de tourbe est prévue au centre de gravité du gisement (i.e. à DIOGO ou à MBORO) soit à une distance respective de 125 km et 100 km de Dakar.

Compte tenu des infrastructures de transport existants actuellement, l'alternative d'un transport par chemins de fer pourrait être envisagée. Mais ce serait préférable d'utiliser les camions de la filière qui constituent un moyen de transport plus souple, plus rapide et moins coûteux rien qu'en considérant les faits suivants :

- les camions assurant le transport et la distribution du charbon de tourbe, voient leur frêt retour assuré par le chargement du poussier destiné à l'usine, ce qui pourrait améliorer de façon considérable la rentabilité de ce commerce,
- la même démarche peut-être facilement appliquée pour la récupération du poussier des autres grandes villes telles que Thiès situé à 50 km de MBORO.

VII/ DISPONIBILITE EN POUSSIER DE LA REGION DE DAKAR

Les dernières statistiques sur les quantités contrôlées de charbon de bois au poste des Eaux et forêts de Bargny, indiquent en 1986, une consommation de 160.000 Tonne environ pour la région de Dakar.

De là, nous pouvons estimer à $0,08 \times 160.000$ soit 12.800 Tonnes la quantité totale de poussier formée en 1986 à Dakar. Mais il convient d'estimer plutôt la fourchette de cette disponibilité. Les pourcentages de formation de poussier sont compris entre 6 % à 9 % (voir tableau page 51) ce qui donne une fourchette de $0,06 \times 160 000$ tonnes à $0,09 \times 160 000$ tonnes soit une quantité de poussier comprise entre 9 600 tonnes et 14 400 tonnes pour 1986.

Si nous raisonnons sur la base de 100 000 tonnes de charbon consommées annuellement à Dakar, la disponibilité en poussier s'évalue alors, entre 6 000 tonnes/an et 9 000 tonnes/an.

Sachant que 77 % de ce poussier sont techniquement récupérable et utilisable dans la chaîne d'agglomération (fraction de 12,5mm à 0,5mm), ce sont 4 620 tonnes à 6 930 tonnes de combustibles (poussiers) qui sont ainsi revalorisables.

VIII/ ESTIMATION DU PRIX D'ACQUISITION

Ce prix peut-être déterminé en 2 étapes successives de la manière suivante :

1-/ D'une part, les camions de commercialisation du charbon de tourbe peuvent assurer sans problème le transport du poussier de Dakar à l'usine, le prix de la récupération du poussier au niveau des points de vente peut varier de 4 à 6 F CFA/kg (montant payé par le détaillant pour s'en débarrasser : 200 à 500FCFA/sac).

- D'autre part, le coût du transport jusqu'à l'usine de tourbe (DIOGO) pourrait être fixé à 3,9 FCFA/kg soit sur la base de 30 FCFA la tonne kilométrique.

Le prix d'achat du poussier à l'entrée de l'usine s'estimerait alors dans une fourchette de 8 à 10 Frs/kg soit 600 à 800FCFA le sac.

- Récupération auprès des détaillants par les charettiers
4 à 6 FCFA/kg
- Coût de transport Dakar-DIOGO 130 km 4 FCFA/kg
- Prix d'acquisition par la C.T.S 8 à 10 FCFA/kg.

2-/ Si l'on considère qu'une partie du poussier constituée par la fraction inférieure à 0,5 mm est éliminée, nous pouvons ainsi déduire que le prix de revient technique du poussier à l'entrée de la chaîne d'agglomération se situerait entre 10 à 12,5 FCFA/kg.

Ce prix constitue une première estimation qu'il sera nécessaire de préciser dans la phase pilote du projet. Il peut en tout cas servir de base dans les négociations qui doivent être menées avec les détaillants et les transporteurs de la filière du charbon de bois.

Chapitre 4

DISPONIBILITE EN LIANT LOCAUX AU SENEGAL.

I./ INTRODUCTION:

Les premiers résultats de tests d'agglomération de la tourbe carbonisée ont montré que l'utilisation d'un liant serait indispensable et qu'un liant local de genre mélasse, gomme arabique ou Mbepp pourrait répondre à cette exigence.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les disponibilités et les possibilités d'approvisionnement de ces liants locaux.

II./DISPONIBILITE EN MELASSE:

Au Sénégal, la mélasse est produite principalement par la compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS) qui détient le monopole du marché de sucre. C'est un complexe agro-industriel situé à Richard-Toll à 376 km au Nord de Dakar. Sa capacité de production est de 100.000 tonne/an de sucre raffiné. La mélasse qui s'obtient à la fin de l'opération de cristallisation est un résidu du jus de canne,

II.1 Caractéristiques Physico-chymiques de la mélasse:

La mélasse est une pâte visqueuse, très sucrée et qui ressemble étrangement au miel. Sa composition est la suivante:

extractif non azoté	sucre	proteines brutes	cendre brute
52 %	38 %	2,8 %	9 %

son pouvoir calorifique est de l'ordre de 2850 Kcal/kg.

II.2 Disponibilité en mélasse:

Pendant la campagne 1986, de mi-novembre à fin Mai début juin la production de canne a atteint 710.000 tonne et celle de la mélasse s'est chiffrée entre 25 et 28.000 tonne, soit un ratio de

3 à 4 % . La melasse est stockée à l'air libre dans des bacs de 14.000 tonnes. Ce rythme de production a été conservé pour l'année 1987 et les prévisions pour les 6 années suivantes (1987-1993) est établi sur une base de 750.000 tonnes/an de canne à sucre soit une disponibilité en liant (prévision) de 22.500 à 30.000tonne/an.

II.3 Marché actuel:

Le marché intérieur actuel, représenté par la seule demande de SENAL, est de 2.000 tonnes/an. Sénal utilise la melasse comme liant et apport calorifique dans la préparation des aliments à base de résidus de blé destinés au bétail. Ainsi donc quelques 24.000tonnes/an de melasse (en moyenne) sont encore disponibles.

II.4 Prix d'acquisition de la melasse:

Le prix d'une tonne de melasse rendue à Dakar est de 35.000 F cfa toutes taxes comprises et de 32.550 f cfa hors taxes (chiffre fournies par la CSS).

II.5 Conclusion:

Actuellement 20.000 à 28.000 tonnes/an de melasse de canne sont disponible au Sénégal.L'introduction du produit au niveau de l'agglomération du charbon de tourbe, ne semble pas devoir poser de problème au niveau de la teneur en cendre ou du pouvoir calorifique.

Un contrat de fourniture peut être établi avec la (C.S.S).

III./ DISPONIBILITE EN GOMME:

III.1 Introduction:

On distingue 3 sortes de gomme au Sénégal:

- la gomme arabique
- la gomme Mbepp
- la gomme combretum.

Les utilisations sont divers.Elles vont de la cuisson des aliments à l'art artisanal. Mais leur principale fonction est de jouer le rôle de liant dans les préparations culinaires, médicales et artisanales.

III. 2 Historique:

L'exploitation et la commercialisation de la gomme ont été les principales activités des centres tels que DAGANA, PODOR et surtout ST LOUIS qui en 1728 a exporté 8 Tonnes de gomme arabique.

Il est rapporté qu'entre 1832 et 1841 déjà le Sénégal colonial avait exporté plus de 23.000 tonnes de gomme, représentant une valeur de 32 Millions de CFA à l'époque soit une vente annuelle moyenne de 2,3 tonne/an .

Après un déclin dans les années 60 la production a connu une vraie croissance dans les années 70 et le Sénégal se plaçait 2eme producteur de gomme après le SOUDAN.

III.3 Utilisation Domestique et Industrielle de la gomme:

Les données quantitatives concernant l'utilisation de la gomme par les ménages et l'industrie sont peu connues au Sénégal, cependant des informations qualitatives attestent que cette utilisation date de longtemps et est stable.

La gomme arabe est utilisée pour:

l'amidonage des habits,

la pharmacopée (maison) en tant que produit réconfortant en période de chaleur, ou produit antidiarrhéique ou même décongestionnant.

dans l'industrie elle est utilisée surtout par:

Valdafrique: fabrication de pastilles.

Sotiba Simpafric: (teinture, impression)

Usines de pesticides et d'insecticides (SSEPC).les fabriques de colles diverses et de cosmétique, les confiseries, les pâtisseries.

III.4 Utilisation en Forêtierie

Mis à part son rôle de lutte contre la déforestation, le gommier assure la protection et l'amélioration des sols où il pousse.

Par son système racinaire ramifié il protège contre l'érosion éolienne et pluviale et stabilise les dunes et sables mouvants.

Il contribue à la fertilisation des sols en apportant une quantité appréciable d'azote, de protéines et de phosphore grâce notamment aux nodosités. Sous son houppier prospère un abondant tapis

herbacé bénéficiant de son apport d'azote et de matière organiques (décomposition de ses feuilles tombées) qui renforce l'effet anti-érosif des racines de l'arbre.

III.5 Disponibilité en gomme arabique:

La production de gomme est à un niveau très bas actuellement. Elle s'est chiffré à 5 tonnes en 1984 et à 37 tonnes en 1985; lorsque les besoins en liant de ce type pour une production industrielle de charbon de tourbe sont évalués à au moins 1.000 tonne/an.

Néanmoins la gomme arabique offre de belles perspectives d'utilisation industrielle dans l'avenir avec la création de projets gommiers très important.

En effet en comptant sur une productivité moyenne de 0,5 kg/pied le Sénégal prévoit d'atteindre avec les divers projets de reboisements une production de 10.000 tonne de gomme arabique en l'an 2.000 et évoluer vers 20.000 tonnes en l'an 2016.

Le prix de la gomme varie entre 1000 F cfa/kg et 1200 F cfa/kg sur le marché de Dakar.

Notons que la production et l'utilisation des gommes Mbepp et combretum sont encore insignifiantes.

IV./ CONCLUSION:

Pour l'heure actuelle, les gommes ne peuvent pas être envisagées pour une utilisation à titre de liant dans la production industrielle du charbon de tourbe. Pour cela nous recommandons dans un premier temps comme liant du charbon de tourbe la melasse dont la disponibilité contrairement à la gomme dépassent largement les besoins de la C.T.S et offre une garantie sûre. Dans un deuxième temps l'utilisation de la gomme arabique peut être envisagée dans l'avenir vers les années 2.000.

I/ INTRODUCTION ET DEFINITION

On appelle combustible toute substance capable de se combiner, avec une élévation notable de température, à l'oxygène de l'air (comburant)[19].

Le comburant peut être un corps oxydant quelconque ; mais dans la presque totalité des cas usuels, c'est l'air. Cette combinaison ou combustion qui s'accompagne toujours d'un dégagement important de chaleur est caractérisée de vive ou lente selon qu'elle s'accompagne également ou non d'une flamme.

La combustion naît lorsque la température du combustible atteint son seuil d'inflammation, ce qui nécessite un chauffage préliminaire jusqu'à cette température seuil.

Dans la combustion d'un combustible solide on observe successivement les phases suivantes :

- une phase de séchage,
- une phase de distillation avec combustion des matières volatiles,
- une phase de combustion du carbone, de l'hydrogène et du soufre contenus dans le combustible.

Cette dernière phase se fait à la périphérie du morceau considéré avec formation du coke. L'enveloppe plus ou moins poreuse du morceau fera obstacle à la pénétration de l'oxygène et à l'échauffement de celui-ci. Ces 2 paramètres (pénétration et échauffement) conditionnent la continuation de la combustion des éléments actifs situés à l'intérieur du morceau. Donc l'opération sera plus ou moins rapide selon que le combustible solide est suffisamment aéré ou non.

La combustion d'un combustible solide est donc un phénomène complexe essentiellement chimique influencé par un grand nombre de facteurs parmi lesquels on peut citer :

- la nature du combustible solide,
- la nature du comburant (en général l'air),
- la température (T) du solide,
- la vitesse relative (v) du comburant par rapport au solide,
- la pression (P) à laquelle s'effectue la combustion,
- les dimensions (D) et l'état de surface du solide,
- sa porosité (compacité),
- sa concentration en réactif (x).

Pour caractériser de façon précise et complète une combustion il faudra donc déterminer la fonction $W = f(T, D, P, x, v)$. Cette fonction est assez complexe non seulement à cause du nombre important de paramètre mais surtout à cause d'une interdépendance très marquée entre ces paramètres.

Elle n'a été déterminée complètement pour aucun combustible.

Aussi dans la pratique industrielle, on a cherché à caractériser la réactivité d'un combustible au moyen d'un nombre limité d'ESSAI, donnant un ou plusieurs nombres appelés INDICES DE REACTIVITE. CES INDICES N'ONT DE VALEUR PRATIQUE QUE S'ILS SONT UTILISES DANS DES CONDITIONS SIMILAIRES (OU PEU DIFFERENTES) A CELLES QUI ONT SERVI A LEUR DETERMINATION.

De plus les techniques d'amélioration de la combustion qui ont été développées (empiriquement) l'ont été exclusivement pour l'industrie (ne s'appliquent pas aux foyers domestiques). Ce manque de données pour les fourneaux domestiques utilisant le combustible solide oblige donc à passer à des expériences de combustion pour trouver des conditions optimales quant à ce qui concerne la forme, les dimensions, la porosité (compacité) etc..., à donner au

combustible solide.

II/ ETUDES DE L'AGGLOMERATION DE LA TOURBE CARBONISEE ET DU POUSSIER DE CHARBON DE BOIS

Dans cette étude nous nous proposons de réaliser des essais, de carbonisation, de briquetage et de combustion du charbon de tourbe mélangé avec du poussier de charbon de bois. Une étude comparative des résultats obtenus nous permettra de dégager des conclusions.

Le 05 avril 1989, 6 échantillons de 70 kg de tourbe humide ont été prélevés à Touba NDIAYE (MBORO) ; leurs qualités sont les suivantes :

- échantillon 1 Teneur en cendre Tc = 29,05 %
- échantillon 2 Teneur en cendre Tc = 7,04 %
- échantillon 3 Teneur en cendre Tc = 20,68 %
- échantillon 4 Teneur en cendre Tc = 34,91 %
- échantillon 5 Teneur en cendre Tc = 29,59 %
- échantillon 6 Teneur en cendre Tc = 6,37 %

(voir en annexe B les détails sur les échantillons).

Tous les tests ont été réalisés sur la tourbe de très bonne qualité, c'est-à-dire les échantillons 2 et 4 qui ont été mélangés et homogénéisés au préalable donnant ainsi un seul échantillon de Tc = 6,70 %.

Les déterminations préliminaires de cet échantillon effectuées par le laboratoire de la géologie (DAKAR) sont les suivantes :

- teneur en cendre (Tc): $(6,37 + 7,04)/2 = 6,7 \%$
- pouvoir calorifique (Pcs): $(4791 + 4846)/2 = 4818 \text{ kcal/kg}$
- humidité (sèche) : $(13,08 + 13,37)/2 = 13,2 \%$
- densité : $(0,9147 + 0,9674)/2 = 0,94$

Cet échantillon a été testé suivant les 2 filières d'exploitation. Les essais ont utilisé le matériel trouvé sur place au laboratoire de R.D.M.de l'E.P.T. dont la liste est la suivante:

- 1 balance (capacité 20 kg, précision 0,5 g)
- 1 four à induction blue - M (Tmax = 343°C) four n° 1
- 1 four à résistance SYBRON-Thermolyne (Tmax = 1200°C)
four n°2
- 1 presse hydraulique TINUIS OLSEN
- 1 moule à 3 compartiments composé de 2 parties séparables
- 3 tamis

1,18 mm
4,75 mm
300 mm
- 1 broyeur
- 1 casserole (acheté)
- 1 fourneau SAKKANAL
- 4 bacs
- 1 thermomètre.

II.1 Filière N°1

II.1 Préséchage

Toute la tourbe a été épanchée sur des supports plastiques. L'épaisseur de couche se situe entre 5 et 7 cm.

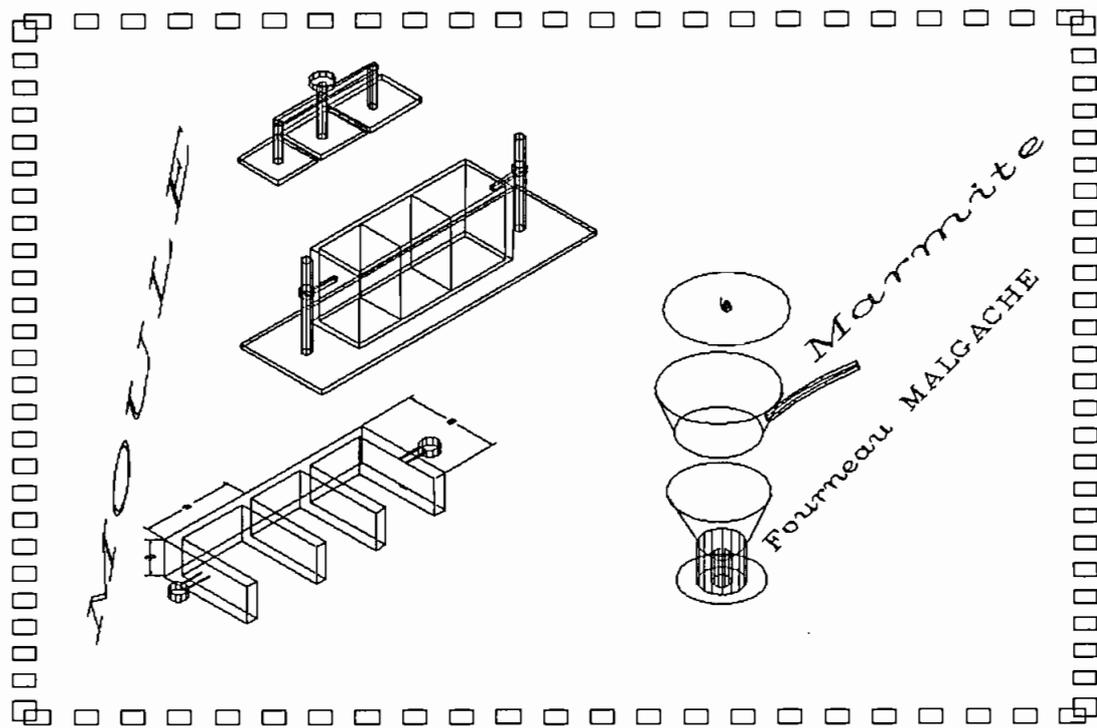
Après 2 jours de séchage, une partie de la tourbe a été prélevée puis enveloppée dans un sac plastique afin d'en conserver l'humidité résiduelle. C'est elle qui fera l'objet de la présente filière.

II.1.2 Briguetage: Détermination de la pression optimale donnant une bonne tenue aux briquettes.

II.1.2.1 1 er essai

Les mottes de tourbes ont été réduites manuellement à une dimension moyenne de 3,4 cm.

6 briquettes ont été fabriquées le premier jour, la force totale appliquée sur le moule est de 3 KN. Soit une force de 1 KN par



SCHEMA DU MOULE ET DU SYSTEME DE CUISSON

briquette ou encore une pression de $1 \text{ KN}/(51\text{mm}\cdot 52\text{mm}) = 377 \text{ KPa}$ par briquette.

Les poids des briquettes à la sortie du moule sont :

1er 121 g 2e 111 g 3e 107 g

4e 90 g 5e 91 g 6e 87 g

Ces poids après 5 jours de séchage sous abris (dans la chambre) sont devenus les suivants :

1er 81 g 2E 70 g 3e 65 g

4e 48 g 5e 48 g 6e 45 g

Précisons que ces briquettes suffisamment dures au départ sont rendues fragiles par le séchage même sous abri et s'effondrent sous leur propre poids.

II.1.2.2 2e essai:

Les mottes de tourbe ont été réduites à une granulométrie inférieure à 1 cm ; 3 briquettes ont été fabriquées avec une force de compression totale de 9 KN soit une pression de 1131 Kpa par briquette. Les poids à la sortie de la presse sont :

1er 92 g 2e 98 g 3e 81 g

Après 5 jours de séchage sous abri nous avons :

1er 48 g 2e 48 g 3e 39 g

Tout comme les 6 premières, celles-ci s'effondrent sous leurs propres poids, ayant été rendues fragiles par le séchage.

II.1.2.3 3e essai

Avec des mottes de dimensions inférieures à 1 cm et une force respective de 20 KN et 40 KN, 2 briquettes ont été fabriquées

1er 80 g avec 7,54 MPa (20KN) après 4 jours : 57 g

2e 55 g 15,08 MPa (40 KN) après 4 jours : 34g

Ces 2 briquettes après séchage (sous abri) sont restées dures et supportent une charge de 0,6 KN sans se briser. Mais après 1 journée d'exposition au soleil, ces briquettes laissent apparaître des fissures qui les conduiront à la rupture sous

l'action de mon poids (60 kg). C'est dire que la pression de 15 Mpa n'est pas encore optimale pour une bonne tenue des briquettes si le séchage doit se terminer au soleil. Ajoutons aussi que rendu à 40 KN, les tiges du moule ont cédé. Vient alors l'idée d'utiliser du liant pour faciliter la tenue des briquettes sans avoir à trop comprimer.

II.1.2.4 Briquettage avec du liant :

5 % de melasse (en poids) ont été mélangées avec les mottes de tourbes de diamètre inférieure à 1 cm. Pour faciliter l'homogénéisation, la melasse est au préalable diluée dans l'eau. Après plusieurs essais de la même façon que précédemment, c'est la pression de 1254 Kpa (3,33 KN) qui a donné une tenue acceptable aux briquettes (briquettes pouvant supporter 60 kg sans se briser soit 0,6 KN).

Au total 29 briquettes ont été fabriquées à la pression de 1257 Kpa et séchées entièrement sous abris.

La perte journalière d'humidité a varié entre 4.8 % et 5.9 % avec une moyenne de 5.2 % (voir tableau page 69)

II.1.3 Carbonisation des briquettes

Les briquettes ont été carbonisées dans le four blue-M du laboratoire R.D.M. de l'E.P.T. Toutes les ouvertures et portes ont été fermées. Les seules entrées et sorties d'air se faisant par fenestration.

II.3.1 Procédure

Les 29 briquettes ont été posées sur la grille d'en haut du four et bien espacées ; puis le four mis en marche après fermeture de toutes ouvertures et la limite de température réglée à 100 %.

Lorsque la température atteint 100 °c dans le four, celui-ci se met automatiquement sous contrôle pour maintenir la température constante. Une abondante fumée blanche filtre à travers

les parois du four. Lorsque l'intensité de cette fumée a diminué, le réglage de la limite de température est amené à 150°c et la carbonisation repart. La température est ainsi graduellement élevée jusqu'à ce que la fumée devienne bleue .

La température maximale atteinte est de 315°c et la durée totale de la carbonisation est de 4 heures , celle de refroidissement de 48 Heures. Le four peut être ouvert lorsque la température descend à 40° c.

II.1.3.2 Résultats :

Les seules entrées d'air par fenestration et infiltration ont suffit pour que les briquettes soient entièrement ou partiellement consumées donnant ainsi un rendement pondérale de carbonisation assez médiocre.

ce rendement a varié entre 31 % et 45 % avec une moyenne de 39 % (voir tableau n°1 page suivante).

II.2 Filière n°2

II.2.1 Séchage

Après le prélèvement du 2ème jour de la tourbe devant suivre le traitement de la filière n°1, le reste a subit un séchage complet. Nous considérons que le séchage est complet lorsque la masse ne varie plus en fonction du nombre de jour de séchage. A ce moment l'humidité résiduelle se situe au voisinage de 10 %.

II.2.2 Carbonisation (en vrac) :

La carbonisation en vrac a utilisé 2 fours :

II.2.2.1 Au four Blue-M

La procédure est la même que celle décrite précédemment sauf que la tourbe est étalée sur le support métallique d'en bas.

1er Essai

TABLEAU 1 : SECHAGE ET CARBONISATION FILIERE N°1

briquelette	POIDS				PERTES D'HUMIDITE			RENDEMENT		
	jour 1	jour 4	jour 9	jour 14	TOTALES	/jour	CUMUL	carbonisee	CARBON.	
N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(%)	(g)	(%)	CUMUL
1	75	48	42.5	42.5	32.5	4.8	4.8	?	?	
2	83	53	47	47	36	4.8	9.6	?	?	
3	68	42	38	38	30	4.9	14.5	?	?	
4	80	49	43	43	37	5.1	19.7	17	40	40
5	82.5	51	45	45	37.5	5.1	24.7	14	31	71
6	86	55	48	48	38	4.9	29.6	21	44	114
7	80	51	44	44	36	5.0	34.6	16	36	151
8	83.5	53	44	44	39.5	5.3	39.9	17	39	189
9	73	45	40	40	33	5.0	44.9	15	38	227
10	88	57	47	47	41	5.2	50.1	?	?	?
11	85	55	47	47	38	5.0	55.1	18	38	265
12	79	52	46	46	33	4.6	59.7	14	30	296
13	75	48	42	42	33	4.9	64.6	?	?	?
14	68	40.5	?	?	?	?	?	?	?	?
15	78	49	42	42	36	5.1	69.7	19	45	341
16	88	55.5	48	48	40	5.1	74.8	18	38	378
17	87	55	46.5	46.5	40.5	5.2	79.9	20	43	421
18	100	65	55.5	55.5	44.5	4.9	84.9	20	36	457
19	79	48	?	?	?	?	?	12	?	?
20	89	51	41.5	41.5	47.5	5.9	90.8	?	?	?
21	86.5	50	43	43	43.5	5.6	96.4	19	44	502
22	88	51	47.5	47.5	40.5	5.1	101.5	?	?	?
23	90	53	44.5	44.5	45.5	5.6	107.1	?	?	?
24	89	54	44	44	45	5.6	112.8	?	?	?
25	91	53.5	45	45	46	5.6	118.4	?	?	?
26	79	45.5	38	38	41	5.8	124.1	?	?	?
27	89	56	46	46	43	5.4	129.5	?	?	?
28	88	55.5	46	46	42	5.3	134.8	18	39	541
						=====			=====	
						Moyenne =	5.2		Moyenne =	39

1,55 kg de tourbe ont été étalées dans le four, à la fin de l'opération 0,7 kg de tourbe carbonisée ont été récupérée, soit un rendement pondérale de carbonisation de 45 %. Après passage au tamis de 1,18mm, le poids de la tourbe utilisable n'est plus que de 0,55 kg soit une récupération de 35 %.

2e Essai

2,434 kg de tourbe ont été introduites dans le four, mais cette fois-ci dans des assiettes de 8,5 mm de profondeur. 1,65 kg de tourbe ont été récupérée à la fin de l'opération, soit un rendement pondéral de 68 %.

Par rapport au 1er essai , le refroidissement a été plus long, 60 Heures environ (contre 48H pour le 1er essai) avec une température maximale de 315°C.

II.2.2.2 Au four SYBRO-Thermolyne

Ce four de 110 x 110 x 300 (soit 3,6 l) a l'avantage d'être plus étanche et d'offrir une gamme de température plus large (0 à 1200°C). Ce qui a permis d'opérer à des températures plus élevées. Le four a été arrêté à 400°C , puis 425°C, 475°C pour laisser diminuer le taux d'évacuation de la fumée blanche. Arrivée à 590°C, la fumée évacuée est devenue bleue indiquant la fin de la carbonisation. 200 g de tourbe sèche ont été carbonisée donnant à la fin de l'opération 138 g de tourbe carbonisée soit un rendement pondéral de 69 %.

II.2.3 Briquettage :

La tourbe carbonisée tout comme le poussier de charbon de bois récupéré au niveau d'un détaillant de Thiès ont été broyés. Toute la tourbe a été réduite à une granulométrie inférieure à 1 cm et le poussier de diamètre compris entre 1,18 mm et 0,500 mm a été sélectionné.

Le tableau suivant nous montre les poids et proportions relatives du mélange, de tourbe, poussier, melasse (liant) et d'eau.

Tableau N°2 : composition des échantillons

Echan	TOURBES		POUSSIER		MELASSE		EAU	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
1	253	100 %	0	0	40	15,8	56	22
2	300	90	33	10	56	16,8	68	20
3	250	80	65	20	51	16,2	68	22
4	200	70	85,5	30	50	17,5	68	24
5	132	60	88	40	40	18,2	68	31

La tourbe carbonisée est plus difficile à mettre sous forme de briquette comparativement à la tourbe colloïdale.

Après de multiples essais c'est la force de 30 KN par briquette soit 11,31 MPa qui a donné une tenue acceptable selon le critère énoncé précédemment (i.e. la briquette est acceptable si elle supporte 0,6 KN sans se briser).

Au total ont été fabriquées :

- 7 briquettes à 10 % de poussier
- 9 briquettes à 20 % de poussier
- 9 briquettes à 30 % de poussier
- 7 briquettes à 40 % de poussier
- 9 briquettes à 0 % de poussier.

II.2.4 Séchage des briquettes

Après 9 jours de séchage sous abri, le poids des briquettes ne varit plus (l'humidité résiduelle est atteinte). Les briquettes sont alors exposées au soleil et pesées tous les soirs à 18 heures. Après une journée d'exposition au soleil, le poids est devenu constant ; la limite de séchage au soleil est donc atteinte.

Les pertes journalières d'humidité sont de :

- 0.5 % sous abri (en moyenne)
- 4.5 % au soleil (en moyenne).

Notons enfin le regain d'humidité lorsque les briquettes sont

TABLEAU n°3 : SECHAGE FILIERE N°2

% poussier	BRIQUETTE N°	S E C H A G E S O U S - A B R I			P E R T E D ' H U M I D I T E (g)			Moy. (%)
		P O I D S			TOTALE	/Jour	CUMUL	
		Jour 1 (g)	Jour 9 (g)	Jour 10 (g)	(g)	(%)	(%)	
0 %	1	39	39	39	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	38	38	38	0,0	0,0	0,0	
	3	36	36	36	0,0	0,0	0,0	
	4	36	36	36	0,0	0,0	0,0	
	5	44	44	44	0,0	0,0	0,0	
	6	39	39	39	0,0	0,0	0,0	
	7	39	39	39	0,0	0,0	0,0	
	8	43	43	43	0,0	0,0	0,0	
	9	43	43	43	0,0	0,0	0,0	
10 %	1	79	77	77	2,0	0,3	0,3	0,2
	2	80	78	78	2,0	0,3	0,6	
	3	76	74	74	2,0	0,3	1,0	
	4	53	53	53	0,0	0,0	1,0	
	5	51	51	51	0,0	0,0	1,0	
	6	48	47	47	1,0	0,3	1,2	
	7	47	46	46	1,0	0,3	1,5	
20 %	1	49	46	46	3,0	0,8	0,8	0,7
	2	44	40	40	4,0	1,1	1,9	
	3	42	39	39	3,0	0,9	2,8	
	4	24	23	23	1,0	0,5	3,3	
	5	50	47	47	3,0	0,8	4,1	
	6	42	39	39	3,0	0,9	5,0	
	7	52	49	49	3,0	0,7	5,7	
	8	38	38	38	0,0	0,0	5,7	
	9	38	37	37	1,0	0,3	6,0	
30 %	1	43	41	41	2,0	0,6	0,6	0,6
	2	42	41	41	1,0	0,3	0,9	
	3	23	23	23	0,0	0,0	0,9	
	4	42	40	40	2,0	0,6	1,5	
	5	41	38	38	3,0	0,9	2,4	
	6	43	40	40	3,0	0,9	3,3	
	7	41	38	38	3,0	0,9	4,2	
	8	43	40	40	3,0	0,9	5,0	
	9	34	32	32	2,0	0,7	5,8	
40 %	1	36	33	33	3,0	1,0	1,0	0,7
	2	41	38	38	3,0	0,9	2,0	
	3	38	35	35	3,0	1,0	2,9	
	4	31	28	28	3,0	1,2	4,2	
	5	49	46	46	3,0	0,8	4,9	
	6	37	34	34	3,0	1,0	5,9	
	7	46	43	43	3,0	0,8	6,7	
Moyenne =							0,5	

TABLEAU n°2 : SECHAGE FILIERE N°2 (suite)

SECHAGE AU SOLEIL												
POIDS			PERTE D'HUMIDITE (g)				REGAIN D'HUMIDITE				BRIQUETTE N°	Z POUSSIER
Jour1 (g)	Jour 2a (g)	Jour 2b (g)	TOTALE (g)	/Jour (%)	CUMUL (%)	Moy.	TOTALE (g)	/Jour (%)	CUMUL (%)	Moy.		
37	38	37	2	5.1	5.1		1	2.7	2.7		1	
36	37	36	2	5.3	10.4		1	2.8	5.5		2	
34	35	34	2	5.6	15.9		1	2.9	8.4		3	
34	35	34	2	5.6	21.5		1	2.9	11.4		4	
42	43	42	2	4.5	26.0		1	2.4	13.7		5	0 %
37	38	37	2	5.1	31.2	4.8	1	2.7	16.4	2.4	6	
38	38	38	1	2.6	33.7		0	0.0	16.4		7	
41	42	41	2	4.7	38.4		1	2.4	18.9		8	
41	42	41	2	4.7	43.0		1	2.4	21.3		9	
74	75	74	3	3.9	3.9		1	1.4	1.4		1	
73	76	73	5	6.4	10.3		3	4.1	5.5		2	
71	72	71	3	4.1	14.4		1	1.4	6.9		3	
?	?	?	?	?	14.4	4.8	?	?	6.9	2.2	4	10 %
48	49	48	3	5.9	20.2		1	2.1	9.0		5	
45	46	45	2	4.3	24.5		1	2.2	11.2		6	
44	45	44	2	4.3	28.8		1	2.3	13.4		7	
43	44	43	3	6.5	6.5		1	2.3	2.3		1	
38	39	38	2	5.0	11.5		1	2.6	5.0		2	
37	38	37	2	5.1	16.6		1	2.7	7.7		3	
22	22	22	1	4.3	21.0		0	0.0	7.7		4	
45	46	45	2	4.3	25.3	5.3	1	2.2	9.9	2.3	5	20 %
37	38	37	2	5.1	30.4		1	2.7	12.6		6	
47	48	47	2	4.1	34.5		1	2.1	14.7		7	
36	37	36	2	5.3	39.7		1	2.8	17.5		8	
34	35	34	3	8.1	47.8		1	2.9	20.4		9	
39	40	39	2	4.9	4.9		1	2.6	2.6		1	
39	40	39	2	4.9	9.8		0.7	1.8	4.4		2	
21	21	21	2	8.7	18.5		0	0.0	4.4		3	
38	38	38	2	5.0	23.5		0	0.0	4.4		4	
37	38	37	1	2.6	26.1	4.4	1	2.7	7.1	2.0	5	30 %
39	40	39	1	2.5	28.6		1	2.6	9.6		6	
37	38	37	1	2.6	31.2		1	2.7	12.3		7	
39	40	39	1	2.5	33.7		1	2.6	14.9		8	
30	31	30	2	6.3	40.0		1	3.3	18.2		9	
32	33	32	1	3.0	3.0		1	3.1	3.1		1	
37	38	37	1	2.6	5.7		1	2.7	5.8		2	
34	35	34	1	2.9	8.5		1	2.9	8.8		3	
28	29	28	0	0.0	8.5	2.9	1	3.6	12.3	2.9	4	40 %
44	45	44	2	4.3	12.9		1	2.3	14.6		5	
33	34	33	1	2.9	15.8		1	3.0	17.6		6	
41	42	41	2	4.7	20.5		1	2.4	20.1		7	
Moyenne =						4.5	Moyenne =				2.4	

ramenées dans la chambre après exposition au Soleil. Il est en moyenne de 2.4 % en moyenne.

III/ COMBUSTION DES BRIQUETTES:

III.1 PREAMBULE

Des tests de combustion menés par la C.T.S. avec la collaboration du CERER ont montré que:

- la tourbe sèche des Niayes peut brûler dans les fourneaux Ban AK Sunf (B.A.S) mis au point au CERER

_ à l'état brut elle libère une énergie équivalente à celle du bois laobé et du bois fossiles des tourbières soit environ 35 % de celle du charbon de bois [18].

Les premiers diffusions du B.A.S ont vite montré que c'est un foyer mieux adapté au milieu rural. C'est pourquoi il convient de poursuivre les tests sur les foyers malgaches traditionnellement utilisés dans les centres urbains, seuls lieux sûrs d'être les consommateurs.

Afin de pouvoir conclure sur la possibilité d'utilisation de la tourbe comme combustible de substitution domestique, 5 critères caractéristiques d'un bon combustible peuvent être définis:

a.) produire le maximum de chaleur utile.

(Efficacité thermique)

b.) être facile à allumer: ce critère étant relativement subjectif, on peut le normaliser en utilisant pour l'allumage, des volumes donnés de pétroles qui permettent à la combustion de s'amorcer (5cm³, 10cm³, 20cm³....).

On peut utiliser également d'autre combustible pour cette référence par exemple (du papier, du débris de bois, coques d'arachides etc....).

c.) produire le minimum d'imbrûlé et de cendre. (ce qui revient à avoir un pouvoir calorifique élevé et une combustion plus complète). En effet, une quantité importante de cendre nuit à la circulation de l'air pour ainsi limiter la combustion.

d.) produire le minimum de fumée (pour sauvegarder le confort et la santé de l'utilisateur).

e.) donner une courbe de combustion équilibrée et une durée de combustion assez longue. Pour cela, le combustible doit permettre un délai d'atteinte de l'ébullition minimum (i.e. dégager un maximum d'énergie pendant un maximum de temps.). Ceci tient aux habitudes culinaires de cuisson des aliments comme par exemple le " THIE BOU-DIEUNE " (repas préféré des sénégalais) qui requiert un feu doux de longue durée.

Carbonisée, la tourbe (charbon de tourbe) présente des caractéristiques intéressantes et tout à fait adaptées aux besoins domestiques. Cependant elle demeure encore moins énergétique que le charbon de bois. En terme de chaleur utile, en foyer amélioré, 1kg de charbon de tourbe équivaut à 0,82 Kg de charbon de bois et en foyer malgache à 0,88 kg de charbon de bois. Elle présente également une combustion plus lente due à un taux de cendre élevée. Par contre, le charbon de tourbe présente des avantages par rapport au charbon de bois, tels:

- une consommation spécifique standard à feu doux plus faible (cso)
- une consommation spécifique totale plus faible.
- sa combustion évapore moins d'eau.
- une inertie thermique plus grande qui permet de conserver plus longtemps la chaleur pendant la phase d'ébullition.

Pour améliorer d'avantage le pcs de la tourbe et faciliter son allumage, des ajouts d'autres matières ligneuses ont été envisagés. Parmi les ajouts testés (débris de bois, coques d'arachides et de riz, poussier de charbon de bois etc..) seuls **les poussières de charbon de bois** ont donné des résultats concluants et feront l'objet d'études expérimentales dans ce projet.

III.2 ETUDES ENERGETIQUES DES BRIQUETTES

III.2.1 Estimation du pouvoir calorifique supérieur

Utilisons la formule $PCS = 5974 - 63,2.T_c$ pour estimer le pouvoir de l'échantillon étudié .

Nous avons $T_c = 6,7\%$ d'où $PCS = 5551$ Kcal/Kg soit :

environ $PCS = 5600$ Kcal/Kg.

Pour estimer le pouvoir calorifique des briquettes, nous allons pondérer le pouvoir calorifique de chaque constituant (agrégat) par sa proportion dans le mélange. Ainsi soit:

PCS_t le pouvoir calorifique de la tourbe

PCS_c le pouvoir calorifique du poussier de charbon de bois

PCS_l le pouvoir calorifique du liant (mélasse)

et PCS le pouvoir calorifique de la briquette

d'autre part soit : t, c et l respectivement les proportions massiques de la tourbe, de poussier et du liant dans la briquette.

Nous avons:

$$PCS = t.PCS_t + c.PCS_c + l.PCS_l$$

Le tableau suivant montre les valeurs du PCS ainsi obtenues pour les différentes briquettes et leurs composants:

Tableau N°4 : Estimation du pouvoir calorifique des briquettes

Pourcentage (%)			PCS (Kcal /kg)			
Tourbe	Poussier	Liant	Tourbe	Poussier	Liant	Briquette
86	0	14	5600	6939	2850	Echan1 5215
77	9	14				Echan2 5336
68	18	14				Echan3 5456
60	25	15				Echan4 222
51	34	15				Echan5 5643

En se basant sur le pouvoir calorifique des briquettes (tableau précédent) nous pouvons établir certaines équivalences massiques entre les échantillons de briquettes de tourbe et de charbon de bois. Par exemple pour la briquette à 10 % d'ajout de poussier nous avons :

$PCS1 = 5336 \text{ Kcal/kg}$ et $PCSc = 6939 \text{ Kcal/Kg}$ pour le charbon de bois d'où $(PCS1/PCSc) = (5336/6939) = 0,77$

Cela signifie que 1kg de briquette de tourbe à 10 % de poussier libère autant d'énergie que 0,8 kg de charbon de bois. Le tableau suivant donne les résultats (d'équivalence) entre les différents échantillons et le charbon de bois.

Tableau N°5: Equivalence briquettes de tourbe-charbon de bois

1 kg de Briquettes de Tourbe à

Equivalent à	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	de pouss.
	0,75KG	0,77kg	0,79kg	0,80 kg	0,81 kg	de charb. de bois

Rappelons que la qualité organique de la tourbe a un PSC = 5974 Kcal/kg ce qui donne en terme calorifique :
1 kg (tourbe à $T_c = 0$) = 0,86 kg de charbon de bois.

III.2.2 Combustion des briquettes

Dans cette rubrique nous nous proposons de déterminer le coefficient d'efficacité thermique et la consommation horaire de nos différents échantillons de briquettes , ce qui va nous permettre d'établir certaines comparaisons entre nos combustibles.

Notons que ces paramètres ne caractérisent pas seulement le combustible, mais tout le système de combustion i.e. le foyer, le combustible et la marmite.

Pour que ces paramètres puissent caractériser le combustible, il faudra que tous les tests de combustion soient effectués avec le même four et la même marmite.

Les tests de combustion réalisés en pleine air au laboratoire de R.D.M ont utilisé ; un fourneau malgache en zinc (acheté pour l'occasion), une casserole en alluminium (acheté pour l'occasion), du pétrole pour l'allumage.

La procédure utilisée pour les tests est la suivante :

Procédure :

- 1) Peser la marmite vide M_1 (ici $M = 212$ g)
- 2) y mettre 600 g d'eau (d'où $M_2 = 600 + 212 = 812$ g) et prendre la température
- 3) prendre 250 g de briquette d'un échantillon donné et les disposer dans le fourneau
- 4) verser 1 tube de pétrole (ici 1 tube = 23 ml) allumer (ne pas encore mettre la marmite) et attendre l'extinction de la flamme.

TABLEAU N°1 ESSAI DE COMBUSTION

TEMPERATURE (°c)							TEMPS				
(mn)	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	100 %	(mn)	0 %	10 %	20 %	30 %
	28	30.5	28.5	30	28.5	29	58	90	88	83	83
2	33	34	34	37	39	41	60	89	88	83	82
4	35	36	38	42	49	51	62	89	88	82.5	81
6	36	39	41	47	57	64	64	89	86	82	79
8	39	42	44	53	64.5	79	66	88	85	81	78
10	42	46	49	59	71	91	68	88	84	80.5	78
12	44	50	54	67	76	97	70	88	84	80	77
14	48	56	63	74	79	98.5	72	88	83	79	76
16	52	61	65	81	81.5	98.5	74	88	82.5	78	75
18	57	67.5	68.5	87	86	98	76	88	82	77	74
20	61	71	72	90	91	98	78	87	82	76	73
22	67	76	76.5	92	92	98	80	86	82	76	72.5
24	72	81	80.5	93	93	98	82	85	82	75	71
26	81	83	84	95	93	98	84	84	82	74	70
28	85	84.5	86.5	96	94	98	86	83	81.5	73	70
30	86.5	87	89	95	95	97	88	82	81.5	72	69
32	88	88.5	92	95	93	97	90	81	81	71.5	===
34	90	91	93	95	88	97	92	81	80	71	
36	90	92	93	95	86	95	94	78	80	70	
38	91	92	93	95	86	95	96	76	80	69	
40	90	92	93	95	82	91	98	75	79	68	
42	90	92	93	95	82	80	100	73	78	===	
44	90	92	93	95	81	80	102	72	78		
46	90.5	92	93	94	80	77	104	71	78		
48	90	91	94	93	80	74	106	71	78		
50	90	91	93	92	80	74	108	70	76		
52	90	91	92	89	80	72	110	69	75		
54	91	88	90	86	80	72	112	68	72		
56	90.5	88	88	84	80	===	114	===	70		
							116		===		

Si la combustion s'amorce (apparition de braises) alors mettre la marmite. Sinon verser de nouveau 1 tube de pétrole, allumer et attendre, ainsi de suite jusqu'à l'amorçage de la combustion, mettre alors la marmite.

5) prendre la température toutes les 2 mn jusqu'à ce qu'à la disparition de l'évaporation (ceci a été le cas lorsque la température est descendue à 70°C environ à chaque fois).

6) repeser la marmite (M3)

7) retourner à 1)

Les 2 tableaux suivants montrent les données et résultats de ces tests :

Tableau N°6: Mesures et résultats des essais de combustion.

Ech. a	Eau Evap. $M_2 - M_3$ (g)	Masse Comb. m (g)	Energ. Totale (Kcal)	Energ. Effec. (Kcal)	Pétrole (ml)	durée l'op. t (mm)	C.F.T (%)	Ch (Kg/h)	Imbrû les (g)
0 %	338	250	1304	183	46	114	14,0	132	38
10 %	390	250	1334	211	46	112	15,8	134	38
20 %	306	250	1364	165	46	98	12,1	153	64
30 %	256	250	1381	138	46	88	10,0	170	20
40 %	374	250	1411	202	46	66	14,6	227	8
100%	531	250	1735	287	46	56	16,5	268	82

. l'énergie totale (Energ. totale) $Q = (PCS) * m$

. Q1 représente la chaleur utilisée par l'évaporation (chaleur latente) et se calcule par $Q1 = L(M2 - M3)$, L étant la chaleur d'évaporation de l'eau à la pression atmosphérique. nous avons $L = 540 \text{ Kcal/kg}$; M2 et M3 sont respectivement la masse de la marmite d'eau au début et à la fin de l'opération. En réalité la chaleur reçu par l'eau se compose d'un second terme Q2 ayant servi à la porter de la température ambiante (To) jusqu'à l'ébullition.

On a : $Q2 = (M2 - M1) (tf - to)$

ici M2 = 812 g constante M1 = 212 g = constante

to et tf sont aussi pratiquement les mêmes pour tous les tests

d'où $Q2 = \text{Constante}$ et nous pouvons ne pas en tenir compte

dans le calcul de notre coefficient d'efficacité thermique (C.E.T).

. C.E.T ou coefficient d'efficacité thermique peut être considéré comme un rendement du système de cuisson (four+combustible+marmite). Il est égale à $100 \cdot Q_1/Q$

. La consommation horaire $Ch = m/t$ (kg/h)

III.3 ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS

Une observation du tableau 6 de la page 78 fait ressortir les remarques suivantes :

L'allumage des briquettes de tourbe carbonisées, indépendamment du pourcentage de poussier de charbon de bois qu'elles contiennent a nécessité 46 ml de pétrole ; celui du charbon de bois nécessitant lui aussi 46 ml.

La quantité du pétrole étant, comme signalée au début du chapitre un indice de la facilité d'allumage d'un combustible solide ; nous en déduisons que tous les échantillons ont la même facilité d'allumage que le charbon de bois.

* La consommation horaire Ch (Kg/h) des briquettes dans le feu augmente avec le pourcentage de poussier de charbon de bois qu'elles contiennent et est maximale pour le charbon de bois pur. En rapportant tous les Ch à celle du charbon de tourbe pure (0 % de poussier) on a la situation suivante :

à 10 % de poussier, les briquettes se consomment 1,01 fois plus vite (qu'à 0 %),
à 20 % de poussier, les briquettes se consomment 1,16 fois plus vite,
à 30 % de poussier, les briquettes se consomment 1,29 fois plus vite,
à 40 % de poussier, les briquettes se consomment 1,72 fois plus vite,
le charbon de bois (pur) se consommant 2,03

fois plus vite que les briquettes de tourbe pure

- * En efficacité thermique, le charbon de bois vient en tête (16,5 %) suivi de près par les briquettes à 10 % de poussier (15,8 %) puis viennent les briquettes de tourbe à 40 % de poussier (14,6 %) et celles à 0 % de poussier (14,0 %). Elle est moins bonne pour les briquettes à 20 % et 30 % de poussier (12,1% et 10,0 %).

Cela signifie que le charbon de bois et les briquettes de tourbe à 10 % de poussier ont la meilleure capacité d'évaporer l'eau.

- * Du tableau 8 et courbes correspondantes nous pouvons faire les constatations suivantes :

Les courbes température-temps comportent 2 phases caractéristiques :

- * La phase montée en ébullition (partie A), au cours de laquelle la température croît progressivement avec le temps.

- * La phase de maintien du palier ou phase mijotage (partie B), au cours de laquelle la température reste pratiquement constante avec le temps.

ces deux phases ont une durée plus ou moins longue selon l'échantillon comme le montre le tableau suivant.

Tableau 8

	0 %	10 %	20 %	30 %	40%	100 %	
partie A	26	24	24	16	14	8	durée en (mn)
partie B	66	68	46	46	42	36	
température MAX(°C)	91	92	93	95	95	98,5	

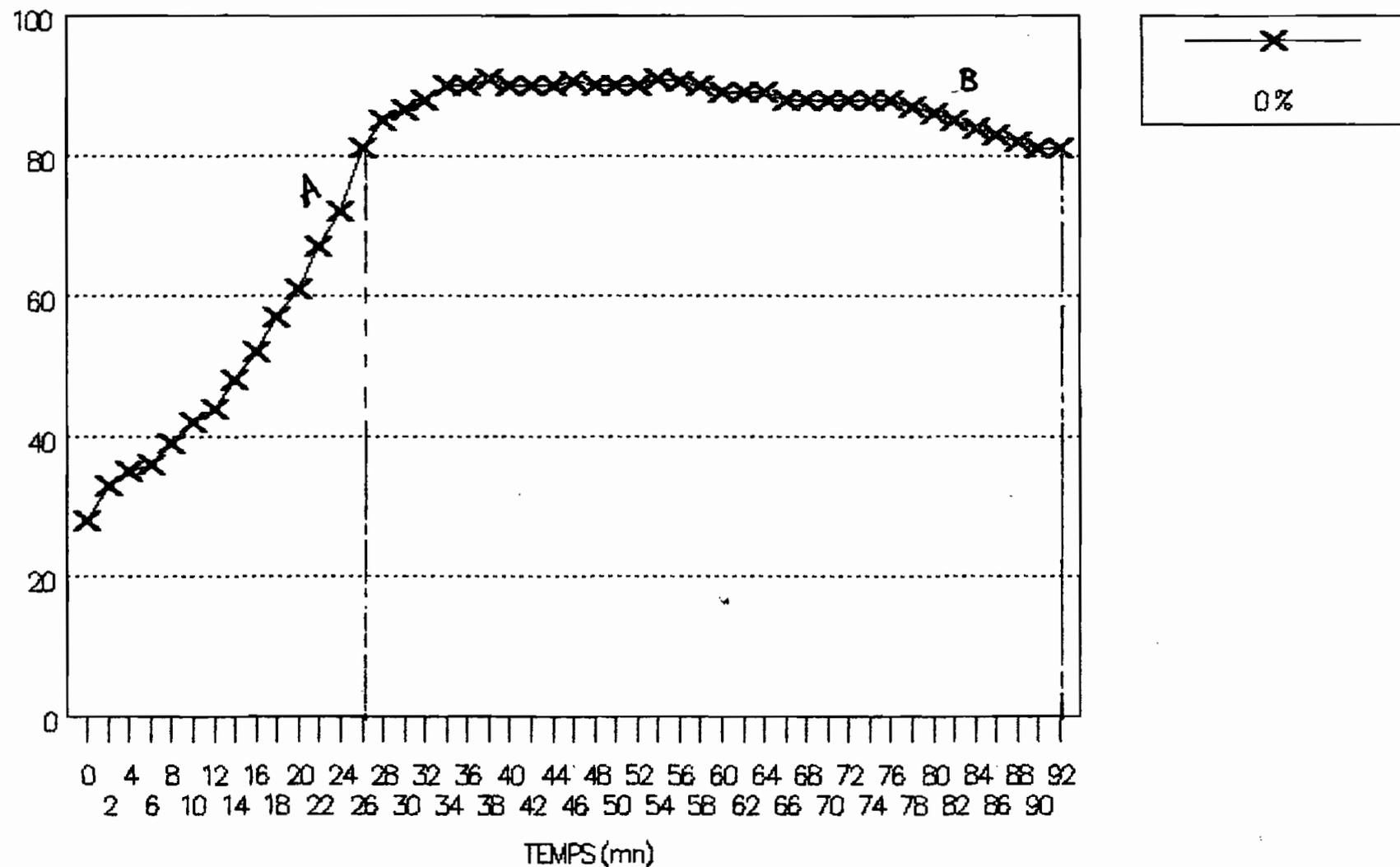
- *Il ressort de ce tableau que, par rapport au charbon de bois, le charbon de tourbe donne une montée en ébullition très lente (désavantage). Cette montée en ébullition s'améliore avec

L'augmentation du pourcentage de poussier.

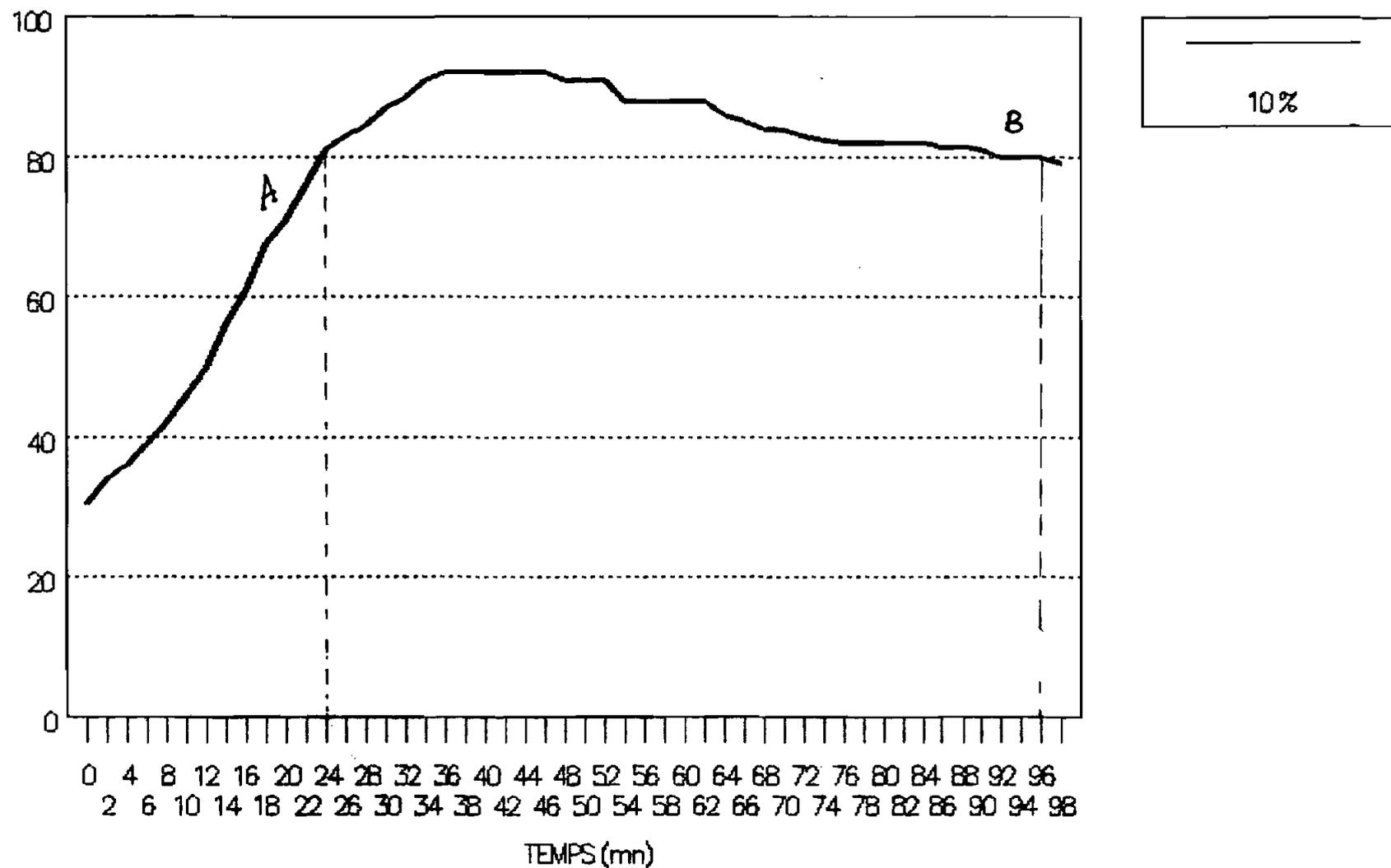
Par contre , le charbon de tourbe maintient beaucoup plus longtemps le palier (avantage) que le charbon de bois.

Notons enfin que la température maximale atteinte par le charbon de tourbe est légèrement inférieure à celle du charbon de bois et augmente avec le pourcentage de poussier.

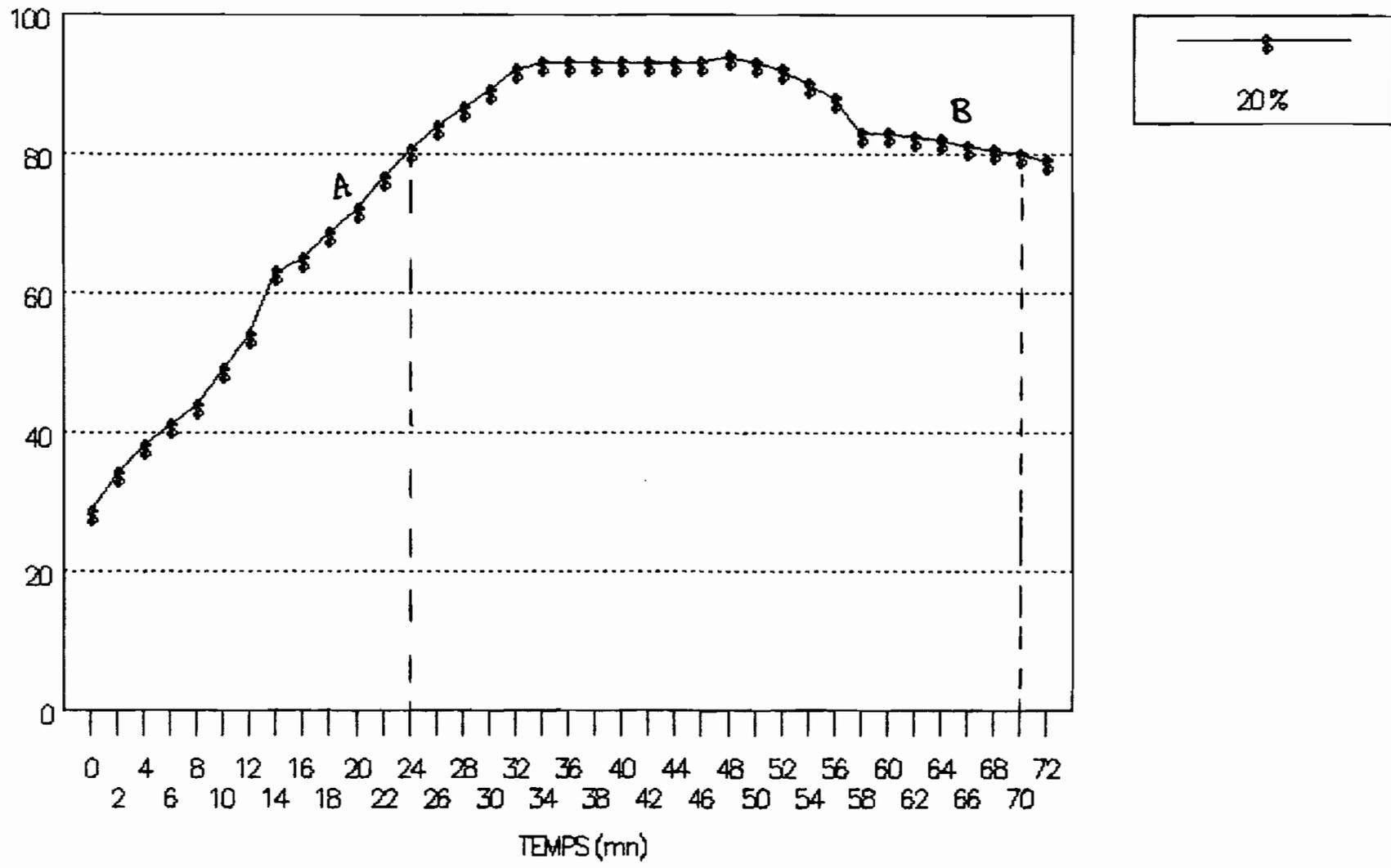
courbe TEMPERATURE-TEMPS pour 0 % D'AJOUT DE POUSSIER



courbe TEMPERATURE TEMPS pour 10 % D'AJOUT DE POUSSIER

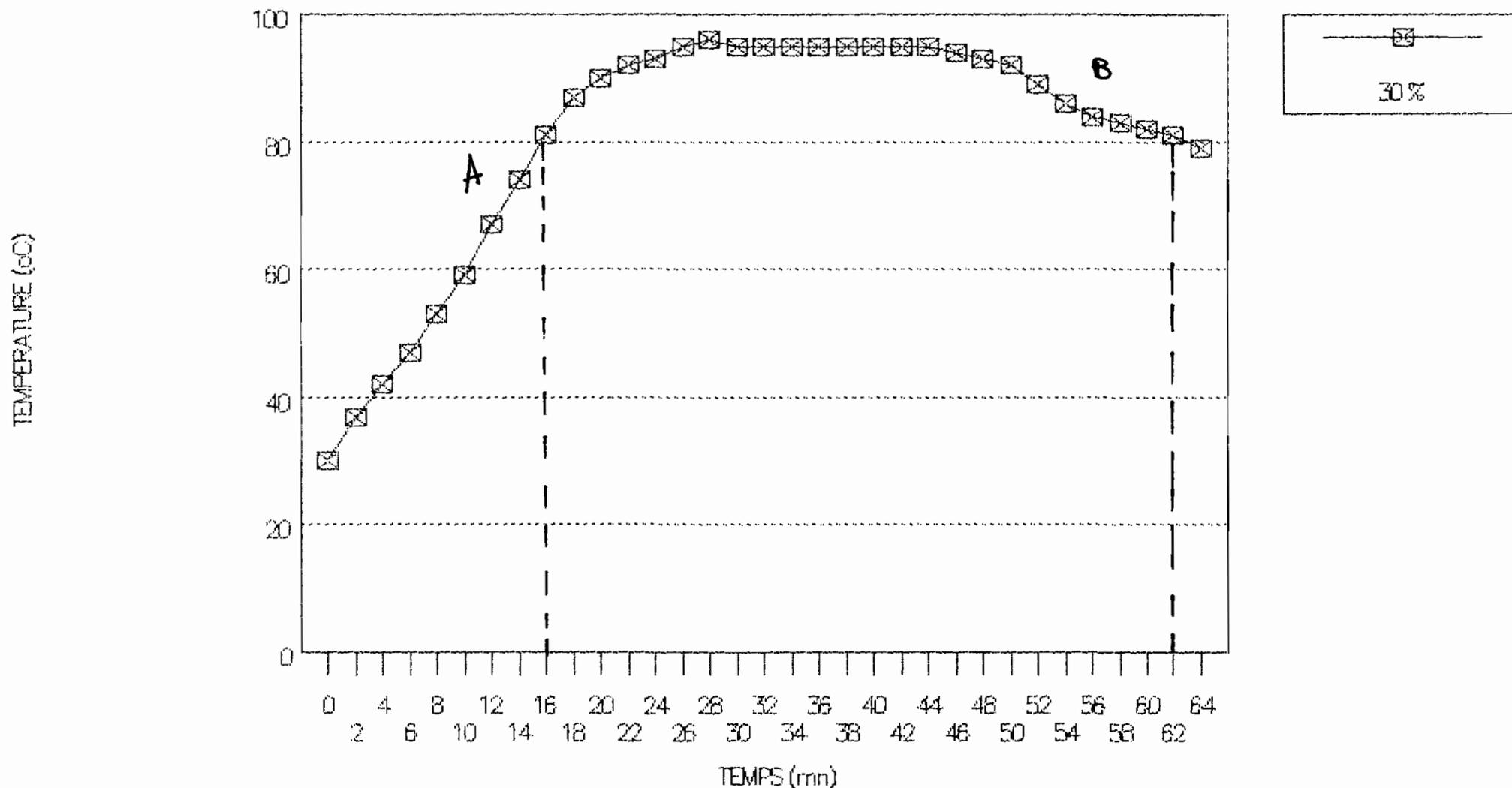


*courbe TEMPERATURE-TEMPS
pour 20 % D'AJOUT DE POUSSIER*



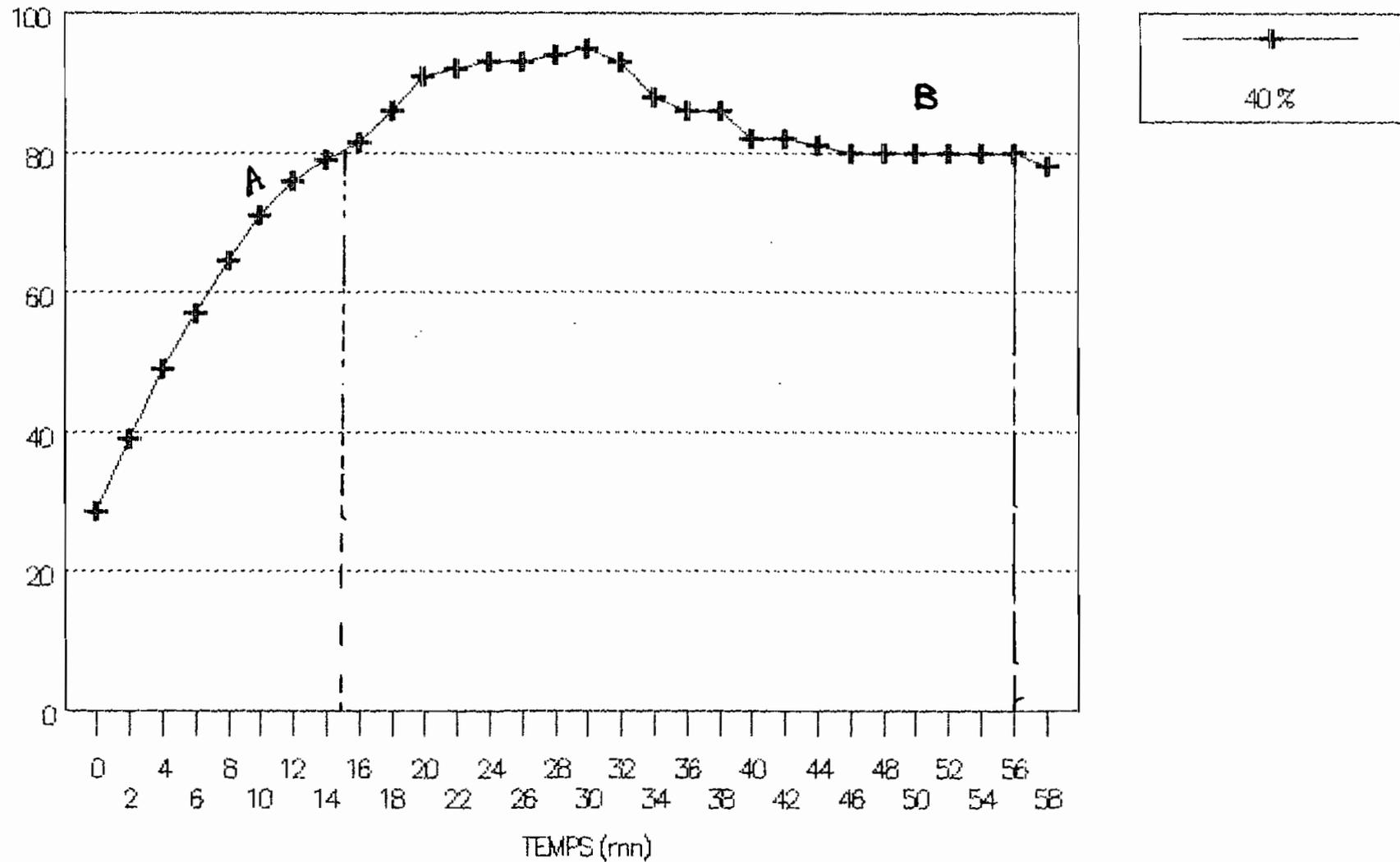
courbe TEMPERATURE-TEMPS

pour 30 % D'AJOUT DE POUSSIER

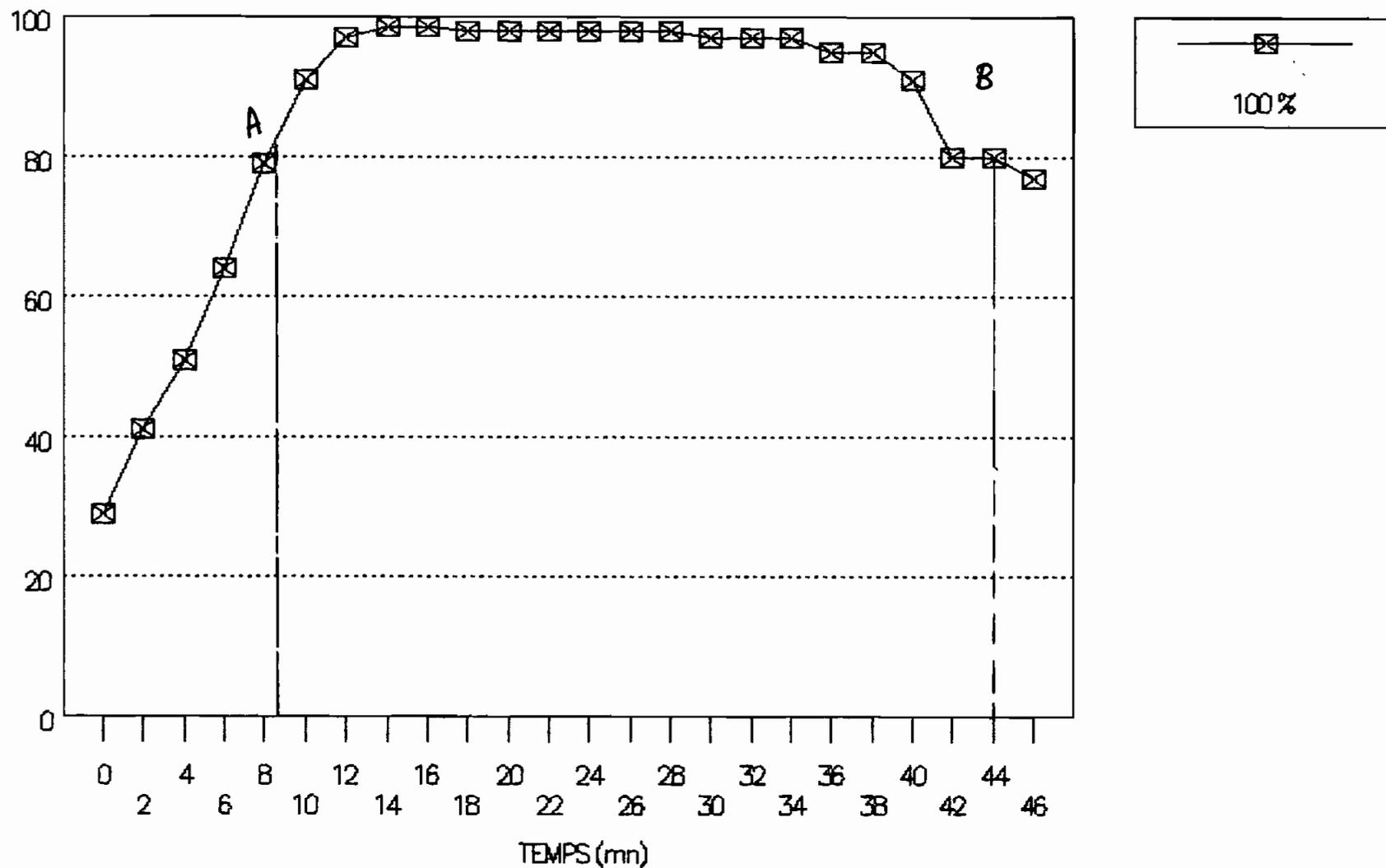


courbe TEMPERATURE-TEMPS
pour 40 % D'AJOUT DE POUSSIER

TEMPERATURE (°C)



courbe TEMPERATURE-TEMPS pour CHARBON DE BOIS



I/ CHOIX DE LA FILIERE DE FABRICATION DES BRIQUETTES :

Des résultats d'essais effectués au laboratoire de R.D.M. de l'EPT, il ressort que chacune des 2 filières a des avantages et des inconvénients.

* La filière n°1 dont le briquetage porte sur de la tourbe colloïdale permet d'opérer à des pressions plus faibles , comparativement à la filière n°2 (7,5 MPa contre 11,3MPa). Cette pression peut être encore diminuée si l'on briquette avec du liant.

Par contre la carbonisation des briquettes donne un rendement très médiocre (39 %) comparé à celui de la carbonisation en vrac dont le rendement a atteint 68 % pour une épaisseur de tourbe de 85 mm.

Rappelons que le rendement de carbonisation de briquettes des divers procédés testés sont les suivants:

.meule casamançaise	50 %
.cornue	57 %
.four métallique	58 %

Si donc toutes ces tendances se maintiennent , nous pouvons , en jouant sur l'épaisseur de la couche de tourbe , espérer un très bon rendement (supérieur à 68%) pour une carbonisation en vrac de la tourbe en four métallique .

Ainsi pour profiter des rendements nettement meilleurs ,je recommande que la préférence soit donnée à la filière n°2 et que des essais soient effectués en fours métalliques transportables où la tourbe sèche peut être introduite dans des contenants plats. Des études d'adaptation de ce four pourront, au besoin être menées par la suite si les résultats s'averraient encourageants.

II./ Dessablage

Ce choix technique d'amélioration de la qualité du charbon de tourbe présente tout d'abord une perte d'au moins 10 %. A ceci s'ajoute des difficultés et des coûts inhérents au procédé. D'autre part étant donné que le produit final avec un $T_c < 35 \%$ devrait être acceptable si l'on en croit au premier test du marché, il est recommandable que la technique du dessable soit appliquée uniquement pour les tourbes de $T_c > 30 \%$.

Pour les tourbes de $30 \% < T_c < 35\%$, un simple tamisage peut ramener ce taux aux environs de 30 % pour le produit final [17].

III./ Carbonisation

La carbonisation de la tourbe est indispensable pour toutes les tranches de teneur en cendre, car il y va de l'acceptabilité même du produit.

Carbonisée, la tourbe devient pratiquement non salissante (comparativement au charbon de bois) et ne donne presque pas de fumée.

Lors des essais effectués au laboratoire de R.D.M. , à 315 °C déjà , la carbonisation de la tourbe de $T_c = 6,7 \%$ donne ces résultats et devient aussi facile d'allumage que le charbon de bois.

Ainsi donc, les tranches de tourbe de T_c d'environ 10 % ou moins doivent être au mieux exclusivement utilisées pour les tests du marché et la promotion du produit.

IV./ Briquettage

Pour le degré de compacité des briquettes, nous avons un dilemme à résoudre ou un compromis à trouver entre un combustible suffisamment aéré pour permettre une bonne combustion

et un produit suffisamment compact pour résister aux nombreuses manutentions et transports dont il est l'objet avant d'atteindre le fourneau.

Dans mes essais, j'ai retenu le critère de pouvoir supporter une charge de 0,6 kN pour tenir compte uniquement du fait que les ouvriers manutentionneurs montent parfois sur les sacs de charbon et que le poids normal d'un homme est de 60 kg environ.

Lors du processus de fabrication industrielle, des tests complémentaires de tenue mécanique de briquettes doivent être menés pour prendre en compte d'autres facteurs de surcharge comme:

- l'empilement des sacs les uns sur les autres dans les camions et dans les magasins d'entreposage ;
- les chocs survenants au cours du transport ;
- les lancements éventuels des sacs à terre lors du déchargement des camions ;
- etc...

Quant à la forme et les dimensions définitives à donner aux briquettes, tout dépend encore des processus de briquetage (extrusion, vis sans fin, moulage) et du comportement au feu des diverses formes susceptibles d'être données aux briquettes. Des études techniques et des tests de marché sont encore nécessaire à cet effet.

Retenons aussi que le moulage à la presse des briquettes qui a jusqu'ici échoué à cause du colmatage de la tourbe sur les plaques est bien possible. Pour résoudre ce problème de colmatage il suffit par exemple d'interposer entre les plaques du moule et la tourbe, du plastique fin après avoir huilé l'intérieur du moule. C'est le

procédé que j'ai utilisé dans mes essais de briquetage et il a donné de bons résultats.

Dans des essais complémentaires on peut essayer de voir également si en évitant les arêtes saillantes au moule, ce problème de colmatage ne pourra-t-elle pas être évité.

V./ Séchage des briquettes

Pour le séchage des briquettes de la filière n°2, le schéma habituel, recommandé pour la filière n°1 a été suivi, i.e., le séchage débute sous-abri et se termine au soleil. Ceci a donné le résultat attendu qui est celui d'éviter la fissuration des briquettes. Néanmoins, le séchage complet au soleil doit être aussi aussi testé ; ceci permettrait d'accélérer la vitesse de séchage (2 à 3 jours) si le risque de fissuration des briquettes n'est pas à craindre.

VI./ Choix du pourcentage d'ajout de poussier

Conformément aux 5 critères ci-haut mentionnés (dans la partie 1 du paragraphe III du chapitre précédent) caractérisant un bon combustible, il ressort de mes essais de combustion que le charbon de tourbe de Tc = 6,7 % testé dans ce projet, n'a rien à envier au charbon de bois.

D'une efficacité thermique comparable à celle du charbon de bois (14 % contre 16,5 %) et d'une facilité d'allumage identique (46 ml de pétrole pour chacun), son seul désavantage reste sa vitesse de montée en ébullition trop faible par rapport au charbon de bois (26 mn contre 8 mn).

Cependant, il garde des avantages certains dans :

- le maintien du palier d'ébullition (66 mn contre 36 mn) ;
- la consommation horaire au feu (0,5 fois celle du charbon de bois).

- la sauvegarde du confort à la cuisine (moins de fumée) et le maintien d'un feu doux et équilibré. Ceci est particulièrement très recherché par les ménagères qui pendant la cuisson des aliments doivent s'occuper d'autres tâches.

Ainsi dans un premier temps, nous pouvons dire qu'il n'est donc pas nécessaire d'introduire du poussier dans le charbon de tourbe de Tc de l'ordre de 6,7 % et de l'envisager plutôt pour des tranches de tourbe de Tc plus supérieur (20 % à 30 % par exemple).

Cependant, pour le lancement et la promotion du produit sur le marché, le charbon de tourbe de Tc = 6,7 % à 10 % d'ajout de poussier sera la haute image ; car non seulement toutes les qualités du charbon de tourbe pure se retrouvent chez lui, mais en plus sont toutes légèrement supérieures ; et son coefficient d'efficacité thermique surtout se rapproche d'avantage de celui du charbon de bois (15,8 % contre 16,5 %).

Ajoutons enfin que , les essais de combustion ayant été exécutés une seule fois pour chaque pourcentage d'ajout, il est recommandable pour augmenter la précision de ces résultats de reconduire ces essais 6 à 7 fois au moins pour chaque pourcentage d'ajout et d'en faire la moyenne; et d'étudier aussi la variation du pourcentage optimal en fonction de la teneur en cendre (Tc).

VII / C O N C L U S I O N

Toutes les études complémentaires recommandées dans les paragraphes précédents à l'exception de celles portant sur le four métallique transportable peuvent être réalisées à l'E.P.T. dans le cadre des projets de fin d'études.

D'autre part les programmes de valorisation de la tourbe vers le domestique doivent être menés de concert avec les autres programmes RENES , essentiellement celui de la promotion des foyers améliorés.

Ceci permettrait de satisfaire entièrement l'objectif du gouvernement du Sénégal qui , dans la priorité donnée à la lutte engagée contre la déforestation , s'est fixé de réduire à 100.000 tonnes/an la consommation nationale de charbon de bois estimée actuellement 160.000 tonnes/an.

En effet les foyers améliorés permettent d'économiser 30% de combustible par rapport aux forneaux actuellement utilisés (Malgaches) , tandis que le projet tourbe permettra de produire, avec ses options techniques de déssablage et d'adjonction de poussier , 70.000 tonnes/an de tourbe [2].

Ainsi ces 2 projets(foyers améliorés et tourbe) permettront à eux seuls, de réduire à 42.000 tonnes/an la consommation nationale du charbon de bois, soit une satisfaction de l'objectif du Gouvernement à 197%.

ANNEXE A

A.1. Impacts du Projet tourbe :

A.1.1 lutte contre la désertification :

- les réserves disponibles du gisement des Niayes permettent d'en faire une composante de la consommation énergétique des ménages pendant une génération ; 30.000 Tonnes/an de charbon de tourbe pourraient être produites pendant une vingtaine d'années si on se limitait à des tourbes de bonne qualité de taux cendre inférieur à 35 % .

La production pourrait être portée à 40.000 tonne/ an si on y incorpore le poussier du charbon de bois récupérable au niveau des détaillants et évalué en moyenne à 8 % des quantités du charbon de bois entrant en ville.

- Sur le plan de la lutte contre la déforestation, l'option tourbe constitue une des actions les plus significatives.

Malgré la démographie galopante, elle permettrait de couvrir globalement les besoins en 1998 de 10 % des ménages de DAKAR, d'un quart de ceux de THIES et d'un tiers de ceux de Saint-Louis.

-30 à 40.000 Tonne de charbon de bois économisées chaque année représentent près de 15 à 20.000 hectares de savane arborée dans les régions concernées, ou bien encore une économie de 60 à 80 hectares de plantation d'arbres à croissance rapide.

A.1.2 Impact sur l'agriculture de la région des Niayes :

La zone des Niayes est une région agricole de grande importance au Sénégal en raison des activités de maraichage qui y sont développées.

Elle est la seconde région du pays productrice de légumes (après le cap vert) et de fruits (après la casamance). Cette activité est particulièrement forte dans la zone centrale comprise entre M'boro et Loupoul où se trouve 4200 hectares de surface agricole utile, fournissant une production annuelle de 46000 Tonnes de produits maraichers.

Les superficies actuellement cultivées sont cependant sans commune mesure avec le potentiel de la zone, en raison d'une baisse général de la nappe phréatique au cours de ces dernières années, de l'acidité des eaux et de la mauvaise qualité agricole de sols des bas-fonds des dépressions où affleure la tourbe.

Le projet minier envisage ainsi dans chaque bas-fond, après exploitation de la tourbe, de reconstituer un nouveau sol agricole en apportant du sable des dunes voisines et en créant un nouveau support organique comparable aux sables humifères qui bordent les Niayes. Ces sables humifères représentent aujourd'hui le support essentiel de toute l'agriculture de la région. La mise en place de puits, de systèmes d'exhaure et d'irrigation appropriés pris en charge par le projet devrait également permettre d'apporter une amélioration considérable aux conditions de vie des populations.

-L'extraction de la tourbe (responsable actuellement de l'acidification très poussée des eaux des bas-fonds des Niayes), son remplacement par un remblai sableux, provoque une amélioration très nette de la qualité des eaux qui s'équilibrent progressivement avec la nappe d'eau douce des sables dunaires.

-Après exploitation des tourbières et reconstitution des sols, les surfaces cultivables de la zone des Niayes seront nettement supérieures aux surfaces actuelles situées essentiellement sur les bourrelets périphériques des sables humifères. Les cultures maraichères et vivrières des Niayes pourront ainsi trouver un nouveau souffle grâce à une augmentation des surfaces cultivables, une meilleure qualité de l'eau et un puisage pour l'irrigation facilité. L'inconvénient pour l'agriculture des Niayes sera donc temporaire, en principe pas de cultures pendant une saison sur les tourbières en cours d'exploitation; puis, les cultures pourront, avec des rendements accrus, être reprises sur un sol plus étendu et mieux aménagé. Le projet d'exploitation de la tourbe à fin d'utilisation domestique doit ainsi être l'occasion d'une amélioration et de progrès pour l'activité maraichères de la région des Niayes.

A.2 Justification économiques du projet.

L'exploitation des tourbes de la région des Niayes peut ainsi contribuer à résoudre deux importants problèmes pour l'avenir du pays:

-Réduire la pression sur les formations forestières naturelles du pays en limitant la demande en charbon de bois par la promotion de combustible domestique de substitution. Ces actions permettront de préserver l'environnement et contribueront à la lutte contre la

desertification, tout en répondant aux principaux besoins énergétiques du pays par des ressources locales.

-Permettre un réel développement économique et sociale de la région des Niayes en accélérant la mutation agricole de la zone par l'amélioration de la fertilité des sols, l'accroissement des superficies cultivables, la réalisation d'infrastructures d'accès et d'aménagements hydro-agricoles effectués à l'occasion de l'exploitation des tourbières et de leur réhabilitation

A.2.1 au niveau de la lutte engagée contre la déforestation

Actuellement, le charbon de bois n'est pas payé par le consommateur à son coût réel pour la collectivité nationale puisque beaucoup d'observateurs estiment que le pays consomme son patrimoine forestier sans le reconstituer. Si l'on prend en compte le coût de cette reconstitution, le charbon de tourbe (70 F.CFA/KG) apparaît en terme purement économique largement compétitif avec le coût réel du charbon de bois qui devrait aller à plus de 120 Francs au KG.

En fait, pour atteindre l'objectif fixé par le gouvernement: réduire la pression sur la ressource forestière nationale, le recours au charbon de tourbe semble, à moyen terme, une solution intéressante si l'on considère les différentes actions possibles: -les économies de combustibles entraînées par la diffusion des foyers améliorés sont certes très attrayantes mais d'impacts limités;

-Les plantations de bois de feu ou l'aménagement de la forêt naturelle sont des solutions coûteuses; il en est de même pour l'importation de charbon de bois;

-le recours au gaz semble une solution valable à long terme, mais il est à craindre que la pénétration de ce combustible sur le marché sera lente;

-Enfin et surtout, face aux perspectives réelles de pénétration du gaz butane, l'option tourbe constitue une solution nationale de mise en valeur d'une ressource du sous sol Sénégalais. La définition d'une politique des prix de l'ensemble des combustibles domestiques doit également être souligné comme une des conditions majeures à la mise en oeuvre des actions élaborées par le gouvernement pour lutter contre la déforestation et la désertification qui menace le pays. Pour redresser la tendance actuelle de la consommation des grandes agglomérations, essentiellement axée sur le charbon de bois, cette nouvelle politique devra se baser sur la vérité des prix pour rapprocher progressivement les coûts actuels des différents combustibles ménagers de leurs coûts économiques réels pour la nation.

En effet, malgré une politique importante de subvention accordée de gaz depuis plus de 12 ans, la campagne de butanisation n'a pas permis une réduction significative de la consommation de charbon de bois dans les grandes agglomérations et l'utilisation de gaz représente encore aujourd'hui moins de 10% de la consommation énergétique de la ville de Dakar.

La consommation urbaine de combustible ligneux pèse donc d'un poids important dans le bilan énergétique : 1,7 million d'équivalent m³ de bois par an, sous forme de bois et surtout de

charbon de bois. Son évolution est marquée par deux tendances importantes :

(I) le passage du bois au charbon de bois - combustible jugé moderne et adapté - dans les villes moyennes du Sénégal, qui progressivement s'acheminent vers la situation de la capitale, où le charbon de bois à quasiment supplanté le bois.

(II) La pénétration du gaz butane : les taux d'équipement en réchauds sont significatifs : 60 % des ménages de la ville de dakar sont déjà équipés, même si beaucoup de femmes ne l'utilisent encore que comme appoint à côté du charbon de bois.

Ces tendances devraient se renforcer dans l'avenir : pénétration du charbon de bois dans les villes de l'intérieur, pénétration du gaz butane, qui apparaît disposer d'un marché potentiel important.

Malgré tout, les combustibles ligneux risquent de demeurer, et pour longtemps, une part importante de l'approvisionnement des ménages urbains. La consommation de bois pourrait dépasser les 3 millions d'équivalent m³/an à la fin du siècle, un niveau inacceptable au vu des ressources forestières du pays et un risque grave pour l'environnement.

Pour le Sénégal qui ne dispose pas de ressources pétrolières, ni de ressources en charbon, le recours à la tourbe paraît la solution la plus économique susceptible d'avoir un impact significatif à moyen terme . Comme le démontre le récent rapport de la Banque Mondiale, elle apparaît de plus justifiée pour au moins deux raisons :

(I) La tourbe apparait par rapport aux alternatives pétrole lampant et gaz, entièrement importés au Sénégal pour les besoins domestiques, comme la solution de substitution au charbon la plus intéressante en terme économique ; elle présente un taux de rentabilité interne situé respectivement entre 40 et 60 % par rapport au gaz butane actuellement commercialisé dans les grandes villes sous forme de petites bouteilles de 2,7 et 6 kg pour la cuisson des aliments.

(II) La production pourrait être assurée par cinq petites unités industrielles d'une capacité de production de 1 tonne / heure de charbon de tourbe ; représentant chacune un investissement inférieur à 2 millions de dollars u.s. et donc laisse par la suite une large place à l'initiative privée et à la concurrence. L'engagement de l'Etat pourrait se limiter au montage d'une unité pilote ; à la construction de la première unité de production industrielle et à l'encadrement des promoteurs privés.

La réalisation d'un tel projet devrait ainsi permettre de réduire les importations de pétrole du pays ce qui se traduirait par une économie considérable des devises étrangères (40.000 Tonnes/an de charbon de tourbe représentent chaque année une économie de plus de 20.000 Tonnes de gaz butane importé).

A.2.2 Au niveau de la réhabilitation des tourbières après exploitation.

La réhabilitation des sols après extraction de la tourbe de la zone des Niayes doit accélérer le phénomène de mutation agricole de la région, vers des systèmes de maraîchage plus intensifs et plus performants.

(I) L'amélioration de la fertilité des terres entraînée par la réhabilitation des sols après extraction de la tourbe, permet en effet d'évaluer à environ 1.385.000 F.CFA le supplément de revenu annuel par hectare engendré par le projet sur la production maraîchère de la zone des Niayes ; soit sur la totalité de l'exploitation 6,05 milliards de Frs CFA de revenus supplémentaires pour la région.

(II) Il est important de signaler à ce sujet qu'il faudra plus de 25 ans au projet d'exploitation, avant d'épuiser complètement les réserves du gisement des Niayes. L'exploitation et le réaménagement des Niayes ne porteront en fait chaque année que sur 15 000 hectares environ de tourbières. Le réaménagement agricole de ces surfaces ainsi que l'apport d'amendement divers seront donc à la portée des populations locales.

(III) Par ces effets induits, le projet d'exploitation des tourbes, peut ainsi apporter une valeur ajoutée importante aux activités de la zone : . dédomagement du manque à gagner pendant les quelques mois d'exploitation des Niayes, sous forme d'aménagement rural, qui couvre le préjudice passager.

. emploi d'une main-d'oeuvre locale non qualifiée pour l'exploitation (quelque centaines de personnes).

. restitution d'un sol réputé meilleur, plus apte aux cultures qu'auparavant.

.Ouverture d'un réseau de pistes, permettant de désenclaver significativement nombre de zones de production agricole.

.extraction et mise à disposition des populations locales du bois fossile contenu dans les toubières, dans une zone d'approvisionnement précaire en bois de feu.

.reboisement des zones d'emprunts de sable ayant servi au remblaiement du chantier d'extraction.

(VI) la création de plus de 1100 emplois par l'installation des unités industrielles et le renforcement de la main-d'oeuvre induite par l'augmentation des surfaces cultivables devraient également permettre de freiner l'exode rural vers les agglomérations. Enfin, contrairement aux autres avantages apportés par la valorisation d'un combustible national, celui-ci ne s'eteindra pas avec l'épuisement des réserves énergétiques et la fin de l'exploitation.

La réhabilitation des Niayes aura permis de créer de bonnes terres agricoles dont les générations suivantes profiteront : le projet tourbe peut être ainsi le point de départ d'une restructuration durable de la région entraînant son essor économique. On voit donc que l'extraction de la tourbe doit s'intégrer dans une véritable dynamique de développement régional intégré.

La région des Niayes en a le potentiel, ses habitants les capacités d'adaptation ; à la puissance publique d'apporter, à l'occasion du projet, un appui.

Ceci suppose qu'un effort particulier d'organisation soit entrepris auprès des agriculteurs des Niayes et avec eux :

- D'une part, pour constituer des interlocuteurs représentatifs pour discuter avec la C.T.S. et informer les paysans, avant et lors de l'exploitation de tourbières de leur zone.
- D'autre part, pour constituer les structures communautaires capable de prendre en charge la mutation économique agricole de la zone.

TABLEAU N°9:**REPARTITION DE LA PRODUCTION MONDIALE DE TOURBE**

Mégatonne (Mt)	TOURBE HORTICOLE	TOURBE COMBUSTIBLE	TOTAL
U R S S	120	80	200
I R L A N D E	0.4	5.6	6
F I N L A N D E	0.5	3.1	3.6
R F A	2	0.25	2.25
C H I N E	1.3	0.8	2.1
U S A	0.8	-	0.8
C A N A D A	0.5	-	0.5
D I V E R S	4.5	0.25	4.75
T O T A L	130	90	220

Annexe-B
Demande d'Analyse n°
de M AMAN KANGNI

Territoire **SENEGAL** Mission
 Echantillons envoyés le **16 Avril 1989**

Bulletin d'Analyse n° 580 à 585

MINISTERE DES FORCES ARMEES
 Ecole Polytechnique de THIES
 N° de travail Echantillons reçus au laboratoire
 Le **18 - 04 - 89** N° **96**

Offset I.S.P.

N°	Situation		Nature de l'échantillon	Titrages demandés									
				Humidité %	Tc %	Densité	PcS cal/g						
I				10,29	29,05	0,8800	3468						
II				13,08	7,04	0,9147	4791						
III				11,50	20,68	0,9270	3797						
IV				8,83	34,91	0,8110	3300						
V				10,67	29,59	0,8597	3463						
VI				13,37	6,37	0,9674	4846						

Méthode d'analyse - 1°) Attaque 2°) Dosage

A DAKAR, le 16 avril 1989

Le Demandeur,
AMAN KANGNI

Le Chimiste,

A DAKAR, le 29 Avril 1989

Le Chef de Laboratoire,
MAMADOU B. GAYE

