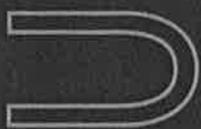


S E R I E T E C H N O L O G I E S N ° 1

Briquettes à base de déchets végétaux

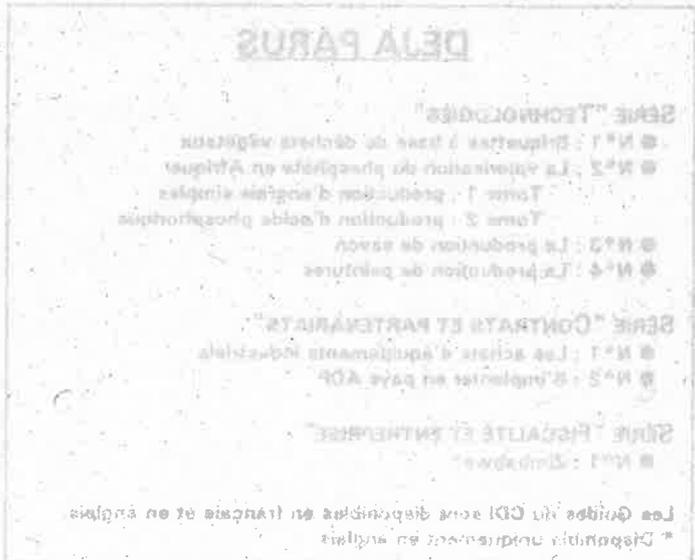


Centre pour le
développement industriel
ACP - CEE



La CDI pour le Développement Industriel (CDI) a été créée en 1982 afin de promouvoir et faciliter l'investissement industriel dans les pays en développement. Elle a été créée en collaboration avec les gouvernements des pays ACP et les entreprises CEE. Elle a pour but de faciliter l'établissement de relations commerciales et industrielles entre les pays ACP et les entreprises CEE. Elle a pour but de faciliter l'établissement de relations commerciales et industrielles entre les pays ACP et les entreprises CEE. Elle a pour but de faciliter l'établissement de relations commerciales et industrielles entre les pays ACP et les entreprises CEE.

BRIQUETTES A BASE DE DECHETS VEGETAUX



Centre pour le Développement Industriel (Convention de Lomé ACP / CEE) Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux (Belgique)

LES GUIDES DU CDI

Le Centre pour le Développement Industriel (CDI) a accumulé, en quinze années de fonctionnement, un important savoir-faire technique et commercial au service de la création, du développement et de la réhabilitation des petites et moyennes industries dans les pays ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique), et ce, en particulier grâce à la mise sur pied de partenariats durables avec des entreprises de la Communauté Européenne.

En publiant cette collection de "GUIDES PRATIQUES", le CDI répond à un besoin clairement exprimé par les promoteurs ACP et les entrepreneurs CEE désireux d'établir une collaboration industrielle avec ces pays. Ces guides visent à leur permettre de s'adapter à l'environnement technique, commercial, financier, administratif et juridique propre aux différents contextes locaux. Destinés à leur faciliter concrètement la tâche en détaillant - en termes simples et pratiques - un aspect ou un domaine très précis de leurs activités, ils se veulent avant tout des outils efficaces au service quotidien des managers.

Pour la rédaction de ces ouvrages, le CDI recourt à des consultants, chercheurs et praticiens - originaires des pays ACP ou de la Communauté Européenne - disposant d'une grande expérience de la question traitée, des problèmes pratiques effectivement rencontrés par les entrepreneurs ainsi que des solutions à leur apporter. Chaque fois que les circonstances le permettent, le CDI s'associe avec un co-éditeur (bureau de consultants, organisme de recherche, institution spécialisée...), afin d'assurer aux guides la plus large diffusion possible.

DEJA PARUS

SÉRIE "TECHNOLOGIES"

- N° 1 : Briquettes à base de déchets végétaux
- N° 2 : La valorisation du phosphate en Afrique
 - Tome 1 : production d'engrais simples
 - Tome 2 : production d'acide phosphorique
- N° 3 : La production de savon
- N° 4 : La production de peintures

SÉRIE "CONTRATS ET PARTENARIATS"

- N° 1 : Les achats d'équipements industriels
- N° 2 : S'implanter en pays ACP

SÉRIE "FISCALITÉ ET ENTREPRISE"

- N° 1 : Zimbabwe*

Les Guides du CDI sont disponibles en français et en anglais.

* Disponible uniquement en anglais

Ce volume des GUIDES DU CDI est une co-édition du CDI et du CRA

© CDI & CRA - 1993

Ne peut être vendu par d'autres personnes ou organismes que le CDI et les co-éditeurs. Valeur : 20 ECU. Reproduction autorisée avec mention de la source, sauf à des fins commerciales.



Le Centre pour le Développement Industriel

Créé dans le cadre de la Convention de Lomé, le Centre pour le Développement Industriel est une structure d'intervention originale et efficace. Il vise à appuyer concrètement la création, le développement, la réhabilitation ou la privatisation de petites et moyennes industries dans les pays ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique). A cette fin, il favorise l'établissement d'une coopération et de partenariats durables entre des promoteurs ACP et des entreprises de la Communauté Européenne. Ces partenariats industriels peuvent prendre des formes diverses : *joint venture*, contrat de gestion, accord de commercialisation, licence, franchise, transfert de technologie, sous-traitance, etc. Le CDI propose des formules d'assistances "sur mesure", adaptées aux besoins spécifiques de chaque cas particulier, et assure un suivi à long terme des entreprises aidées.

Le CDI dispose de correspondants et d'antennes locales dans la plupart des pays ACP et CEE. Il traite directement avec les entrepreneurs, sans nécessairement solliciter l'accord des autorités nationales ACP concernées.

L'assistance et les services offerts gratuitement par le CDI

(liste non limitative)

I. Phase de définition et d'étude des projets

- Recherche de partenaires CEE ou ACP
- Participation aux frais de voyage pour permettre les contacts directs entre partenaires potentiels
- Etude de faisabilité, de marché pour des produits ou activités, et étude des potentialités offertes par des secteurs prometteurs
- Etude de diagnostic pour la réhabilitation, la diversification, la privatisation ou l'expansion d'entreprises ACP existantes.

II. Phase de montage des projets

- Assistance pour le montage financier et présentation aux institutions de financement
- Conseil pour le choix des technologies et des équipements, expertise d'équipements d'occasion
- Assistance aux négociations de partenariat ou d'achat d'équipements industriels.

III. Phase de démarrage et de développement

- Assistance technique et à la gestion
- Formation du personnel et du management
- Assistance au marketing et à l'exportation
- Recherche d'informations diverses à caractère industriel.

CDI - CENTRE POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

Avenue Herrmann Debroux 52

B - 1160 Bruxelles

Belgique

Tél : +32 2 679 18 11

Fax : +32 2 675 26 03 / 679 18 31

Télex : 61427 cdi b

Ce guide a été préparé par :

Le Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux

Le CRA - Centre de Recherches Agronomiques de l'Etat - est une institution pluridisciplinaire dépendant du ministère de l'Agriculture belge. Créé en 1872, il comprend aujourd'hui onze stations de recherche, un bureau d'informatique et de statistique appliquée, et emploie 390 personnes.

Le CRA est actif dans la recherche fondamentale, la recherche appliquée, la coopération au développement, la collaboration avec des universités étrangères et des organismes internationaux d'aide au développement. Ses activités couvrent diverses disciplines dont, par exemple, la création et l'amélioration de variétés de plantes, l'alimentation des ruminants et des porcins, la protection des végétaux et des produits agro-alimentaires, le lait et ses dérivés, la mécanisation agricole, les technologies de transformation, etc.

Au sein du CRA, le groupe *Biomasse-énergie* mène depuis plus de 10 ans des activités de recherche, de développement, de formation et d'expertise dans le domaine de la valorisation énergétique de la biomasse (résidus agricoles et agro-industriels). Le Centre a plus particulièrement développé un savoir-faire important dans la densification, la combustion, la carbonisation et la gazéification des déchets végétaux. Ce guide sur la mise en briquettes de déchets végétaux a été rédigé par M. Yves Schenkel, M. José Carré et M. Paul Bertaux.

CRA - CENTRE DE RECHERCHES AGRONOMIQUES DE GEMBOUX

Chaussée de Namur 146

B - 5030 Gembloux

Belgique

TÉL: +/32/81/612501

FAX: +/32/81/615847

TABLE DES MATIERES

O. INTRODUCTION

I. APPROCHE TECHNIQUE ET ECONOMIQUE

I.1. DEFINITIONS ET CONSIDERATIONS GENERALES

I.2. OBSERVATIONS REALISEES

- 2.1. Approvisionnement**
- 2.2. Equipement**
- 2.3. Marketing**

I.3. EXPERIENCE ACQUISE

- 3.1. Revue des cas**
- 3.2. Conclusion**

I.4. GUIDE D'ORIENTATION

- 4.1. Introduction**
- 4.2. Contexte**
 - 4.2.1. Matières premières**
 - a) Résidus agricoles
 - b) Résidus agro-industriels
 - c) Résidus de l'exploitation forestière et de l'industrie du bois
 - 4.2.2. Marché des produits densifiés**
 - a) Marché domestique
 - b) Marché industriel et commercial
 - 4.2.3. Compétitivité des briquettes**
- 4.3. Choix techniques**
 - 4.3.1. Procédés de densification**
 - a) Stockage
 - b) Fractionnement
 - c) Séchage
 - d) Presses de densification
 - 4.3.2. Organisation de l'unité de production**
- 4.4. Marketing**

II. INFORMATIONS NECESSAIRES POUR L'IMPLANTATION D'UNE UNITE DE DENSIFICATION (questionnaire)

II.1. CONTEXTE INITIAL

Matières premières
Marché potentiel

II.2. ORGANISATION DE L'UNITE DE PRODUCTION

Approvisionnement en matières premières
Traitement de la matière avant densification
Densification
Organisation de la production
Produits obtenus.

III. LISTE DES CONSTRUCTEURS RECOMMANDES

III.1. INTRODUCTION

III.2. FICHES DE PRESENTATION DES CONSTRUCTEURS

O. INTRODUCTION

Le guide technique est conçu comme un guide d'orientation. Il a comme objectif d'aider les entrepreneurs des pays ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique) à réaliser une étude d'approche d'un projet de densification de la biomasse (résidus agricoles, agro-industriels, forestiers ou résidus de l'industrie du bois).

Après avoir passé en revue l'expérience pratique acquise dans les pays en développement (hors Asie), les facteurs-clé d'un projet de densification sont examinés. Ces facteurs-clé concernent les matières premières, les techniques et, surtout, les marchés consommateurs.

Ils sont traduits sous la forme d'un questionnaire, qui reprend tous les critères nécessaires à une première évaluation des potentialités d'un projet de densification. L'objectif de ce questionnaire est de constituer une ligne de réflexion pour l'entrepreneur, qui est alors à même de décider si le projet est potentiellement intéressant ou non.

Le guide se complète d'une liste de constructeurs européens recommandés, pour leur technique, leur savoir-faire et les services offerts. Nous avons eu le souci, en réalisant ce guide, d'être simples et d'aller à l'essentiel pour chacun des aspects considérés. Si après un premier examen, un projet de densification s'avère potentiellement intéressant, il sera alors utile de faire appel à des organismes ou à des entreprises spécialisées dans le domaine. Ces derniers aideront l'entrepreneur à réaliser le plan industriel complet et à évaluer la faisabilité technique, économique et financière du projet.

I. APPROCHES TECHNIQUE ET ECONOMIQUE

I.1. DEFINITIONS ET CONSIDERATIONS GENERALES

La densification est "un ensemble de traitements physiques, appliqués aux végétaux ou débris végétaux, qui visent à l'obtention d'éléments solides caractérisés par une masse volumique élevée" (HEBERT 1988).

Le résultat de la densification, le produit densifié, peut se présenter sous différentes formes, depuis le ballot de paille ou le fagot de branchages jusqu'à la brique, selon le degré de densification atteint. Dans ce document, nous ne prenons en considération que la brique à vocation énergétique.

La brique se présente généralement sous forme cylindrique (mais parfois parallélépipédique ou hexaédrique) de longueur et diamètre (ou côtés) variables. Le diamètre varie ainsi de 8 à 150 mm. Lorsque l'on est en présence de briques courtes et de diamètre faible (entre 8 et 25 mm), on parle volontiers de pellets, car ces briques sont produites par des presses à granuler dites encore pelletiseurs (de l'anglais "pellets" - pastille).

Enfin, nous réservons le terme densification à la transformation physique des résidus végétaux en un combustible sans adjonction de liants et le terme agglomération à cette même densification faisant usage de liants. Les liants sont soit organiques (mélasse, amidon, cire) soit inorganiques (argiles, bitume).

Dans ce document, nous nous intéressons aux briques végétales, par opposition aux briques de charbon de bois. Par brique végétale, nous entendons une brique produite à partir de matières lignocellulosiques (résidus agricoles, agro-industriels ou ligneux) non traitées thermiquement, c'est-à-dire réalisées à partir de matières brutes.

La production de briques de charbon de bois sera traitée dans un autre document.

Le succès ou l'échec d'une unité de densification dépend à la fois des ressources agricoles ou agro-industrielles locales et du contexte énergétique régional.

Les unités de densification appartiennent très rarement au secteur privé et, bien souvent, de telles entreprises s'inscrivent dans des priorités politiques nationales ou dans des projets de coopérations bilatéraux.

La recherche de l'autonomie énergétique et la lutte contre la déforestation impliquent souvent l'implantation d'unités de densification dans des conditions non économiques. En effet, le très faible niveau du prix local du bois de chauffage ou du charbon de bois, malgré leurs pénuries grandissantes, est une constante à travers la majorité des zones rurales en pays A.C.P.

C'est pourquoi, l'identification du marché cible constitue l'une des étapes déterminantes des études d'implantation d'une unité de densification. Cependant, il est vrai que dans les pays en développement, la densification apparaît comme un excellent moyen, non seulement de diminuer la crise du bois de feu mais aussi de valoriser les grandes quantités de résidus agricoles et agro-industriels.

L'expérience acquise dans ce domaine a rarement fait l'objet d'analyses sérieuses et systématiques, si bien qu'il est difficile de connaître les raisons des nombreux échecs.

Néanmoins, bon nombre de ceux-ci proviennent de l'habitude des promoteurs de présenter ce nouveau produit comme du bois ou du charbon de bois alors que les essais de qualification des briquettes démontrent qu'elles ont un comportement particulier, variable suivant le procédé et les matières premières.

Les quelques études d'acceptation réalisées indiquent que les produits densifiés sont généralement bien perçus sur le marché domestique et encore mieux sur le marché artisanal et industriel. Cependant, il est recommandé d'informer voire de former les consommateurs à l'emploi des briquettes.

Quelle que soit la région, il semble impératif que le prix de vente des briquettes soit équivalent au prix de vente du bois. C'est le principal obstacle actuel à la diffusion de la technologie de la densification car le prix du bois sur le marché ne tient pas compte de sa valeur sur pied. Par contre, si on lui attribue une valeur économique (plantations de bois de feu par exemple), la densification des résidus agricoles et agro-industriels s'avère souvent compétitive.

Les considérations relatives aux projets de densification ainsi que les différents exemples concrets repris ci-après sont basés sur l'expérience du CRA.

1.2. OBSERVATIONS REALISEES

1.2.1. Approvisionnement

La superficie requise pour une unité de densification est telle que de nombreux exploitants, villages ou coopératives sont concernés par la valorisation des résidus. L'unité de densification dépend donc entièrement d'un grand nombre de fournisseurs au sein de son rayon d'action avec tous les risques que cela comporte pour un approvisionnement régulier et suffisant.

Les résidus agro-industriels produits par les grosses industries sont souvent utilisés en combustion directe pour satisfaire les besoins énergétiques de la transformation. Par contre, dans les petites entreprises cette valorisation n'est habituellement pas prise en considération étant donné les faibles quantités générées.

Il est difficilement envisageable de ne pas mécaniser le ramassage et le transport face aux quantités concernées et surtout face à leur foisonnement. Une étude de faisabilité pour une unité en Ethiopie, sur paille de blé (5.000 t/an), a conclu à la nécessité d'acquérir 6 tracteurs, 5 remorques et 3 balloteuses.

Il est primordial d'étudier l'aspect "matières premières" pour ses conséquences dans les coûts opérationnels et la viabilité de l'unité. Ainsi, deux unités de densification de même type mais opérant avec des matières premières différentes, révèlent une répartition distincte des coûts opérationnels.

Par exemple, l'une de ces deux unités densifiant de la balle de riz, bénéficie d'un prix d'achat plus bas compensé par une usure et une maintenance du matériel considérablement plus élevées. En effet, les briquettes à base de balle de riz entraînent de gros problèmes d'usure des pièces exposées à cause de leur taux élevé en matière minérale (18 à 20%). De même, dans le cas de combustion en chaudière, il est nécessaire d'adapter celle-ci pour éliminer au fur et à mesure les cendres produites. De plus, si la température est trop élevée, il y a formation de mâchefer.

I.2.2. Equipement

Dans beaucoup de cas, le coût des équipements et des pièces de rechange rend la production difficilement compétitive, car il grève fortement le prix de revient.

L'investissement considérable du matériel de densification implique le maintien d'un taux d'utilisation très élevé. Une unité basée en Turquie, qui est parvenue à respecter cette contrainte, est à opposer à une unité kenyane de même type qui a dû augmenter ses prix de vente à cause d'un taux d'utilisation trop faible.

On observe un nombre considérable de pannes ainsi que des coûts de maintenance très élevés. La raison principale en est le manque de mise au point des presses, notamment pour les rendre aptes à densifier les résidus disponibles en pays tropicaux.

Ceci est dû au fait que les unités basées en Afrique opèrent avec des résidus souvent inconnus des constructeurs de presse. Par conséquent, il est nécessaire d'adapter les presses aux résidus concernés. Cet aspect étant très souvent négligé, les unités connaissent des problèmes opérationnels persistants.

De même, les constructeurs sont souvent optimistes quant aux performances des presses alors que celles-ci densifient des résidus inhabituels dans des conditions difficiles.

Les presses à haute pression sont plus sensibles aux variations des caractéristiques physico-chimiques des résidus, particulièrement l'humidité, contrairement aux presses à basse pression plus tolérantes et plus facilement adaptables.

Les unités utilisant des technologies simples à basse pression, avec résidus humides et séchage des blocs densifiés au soleil, semblent très intéressantes vu leur faible prix de revient. Quand les conditions climatiques et la matière première le permettent, ces procédés sont très intéressants grâce à leur prix de vente concurrentiel et à cause du faible niveau technologique qui les caractérisent. Au Soudan, une unité de densification utilisant ce type de presse atteint une production annuelle de 800 tonnes.

I.2.3. Marketing

Une constante dans les différentes unités de densification est la difficulté de pénétration du marché du bois de feu ou du charbon de bois à cause d'une part, des coûts de production parfois élevés en regard des prix très bas du bois et charbon de bois, d'autre part des caractéristiques de combustible différentes des briquettes.

A part les excellentes conditions d'une unité basée à Addis Abbeba où les résidus secs et centralisés diminuent d'autant les coûts de production et le prix de vente, les unités soudanaises de même type n'ont pu lutter sur le marché.

La compétitivité des briquettes doit s'analyser au niveau local. En zone rurale et sur le marché domestique, le prix du bois de feu, quand il existe, est trop bas pour envisager une substitution par des briquettes, ou alors il ne faudrait pas tenir compte des coûts d'investissement, voire des coûts opérationnels. Ceci est une conclusion quasiment générale.

Mais des conditions particulières peuvent modifier ce constat.

Un exemple est donné en Inde par la balle de riz, qui peut être densifiée sans broyage ni séchage et où le charbon est de mauvaise qualité et de disponibilité irrégulière. De même, en zone rurale, les artisans sont prêts à payer un supplément pour un combustible de meilleure qualité, homogène et sec comme les briquettes étant donné qu'ils doivent rétribuer la main-d'oeuvre de ramassage du bois et qu'ils recherchent un combustible présentant ces qualités convenant à leurs activités.

De nombreux exemples montrent que des unités qui destinaient d'abord leurs productions au marché domestique urbain se sont tournées vers le secteur artisanat-industrie-commerce, grand consommateur, prêt à payer plus cher la qualité supérieure des briquettes.

Le tableau 1, donne une comparaison entre quelques types différents de briquettes, du bois et du charbon de bois.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques de briquettes, de bois de feu et de charbon de bois (d'après LEQUEUX et al., 1990).

	Briquettes de sciure d'épicéa			Blochets de bois d'épicéa	Charbon de bois d'épicéa
	Piston	Pellets	Vis		
Masse volumique (kg/m³)(1)	1.182	1.186	1.254	450	200
Diamètre (mm)	50	14	55	60x60x30	-
Humidité d'équilibre à 20° C 65 % HR (% MA)	9,5	9,6	7,2	12,0	6,5
Pouvoir Calorifique Inférieur (MJ/kg)	19,2	19,0	18,8	18,6	31,4
Indice d'inflammabilité(2)	56	56	67	50	44
Combustion (min et sec) (500g de combustible, foyer ouvert)					
Durée phase	8,20	6,00	15,50	7,30	7,50
"flammes"	10,00	7,50	27,30	4,35	23,35
phase "braises"					
Consommation (g/min)					
phase "flammes"	49,8	72,5	26,8	61,9	45,0
phase "braises"	7,0	2,7	2,4	6,5	5,3

(1) à l'humidité d'équilibre

(2) 0-30: inflammabilité aisée

30-60: inflammabilité moyenne

60-90: inflammabilité difficile

90-100°: inflammabilité extrêmement difficile ou combustible ininflammable

Ce tableau illustre bien le comportement des briquettes en tant que combustible, comportement qui se situe entre celui du bois et celui du charbon de bois:

- les briquettes de mauvaise qualité (faible cohésion) se rapprochent plus du bois (elles délivrent leur chaleur essentiellement durant la phase de flammes) et ont l'inconvénient de se déliter très facilement sous la pression des gaz de combustion;
- les briquettes de bonne qualité se comparent au charbon de bois (phase de braises très longue) mais s'en distinguent par les flammes qu'elles dégagent plus longtemps.

Des briquettes de bonne qualité sont un garant de succès d'acceptabilité par les consommateurs: elles restent cohérentes en combustion, ne se délitent pas au stockage ou durant le transport, elles forment de bonnes braises. De plus, elles sont susceptibles également d'être utilisées dans d'autres applications comme la gazéification ou la carbonisation.

Remarquons ici qu'il peut parfois être très judicieux de carboniser les briquettes, essentiellement lorsque le marché cible est un utilisateur quasi exclusif de charbon de bois comme combustible. Il est certain que le coût de production sera plus élevé, mais la valeur ajoutée d'une part et une pénétration plus facile du marché d'autre part, justifient parfois que l'on s'y intéresse. Par exemple, la production de charbon de briquettes est très répandue en Asie, principalement avec comme objectif l'exportation (Japon, USA).

L'Association Bois de Feu rapporte une très bonne acceptation des briquettes en les mélangeant avec un peu de bois, et ce, sans modification du foyer existant. Le bois est alors utilisé pour faciliter l'allumage. De plus, la brique revêt un cachet de modernité très apprécié par les ménagères. En règle générale, il ne semble pas y avoir de problèmes particuliers à utiliser les foyers existants pour brûler les briquettes de petites dimensions.

I.3. EXPERIENCE ACQUISE

I.3.1. Revue des cas

Malawi : plusieurs presses à vis avec chauffage électrique et refroidissement par eau de la matrice pour contrôler la densification. L'équipement est installé dans une scierie et densifie la sciure.

Les observations suivantes y ont été effectuées :

- l'usure de la vis est très élevée et entraîne une maintenance quotidienne,
- la conjonction des prix de vente trop élevés et des problèmes de maintenance ont entraîné la fermeture de 2 des 3 unités installées,
- les briquettes de la troisième unité sont très bien acceptées sur le marché domestique urbain. La conservation de la brique est limitée et dépend des conditions climatiques.

Kenya : Une usine de fabrication de papier carton utilisant de grandes quantités de vapeur a voulu limiter les importations de fuel pour diminuer les coûts énergétiques de production et s'affranchir de la disponibilité irrégulière du fuel importé. L'étude réalisée a conclu à l'utilisation du mélange de 3 composants pour l'alimentation de la chaudière : bois - parche de café brute - briquette composée d'enveloppes de café (50%) et de résidus de bois (50%). L'application du procédé entraîne des économies significatives des coûts énergétiques et justifie le capital investi (presses et chaudière adaptée). Cependant, les durées et coûts de maintenance sont élevés (16 h/400 h) étant donné l'usure importante de la matrice. De même, la chaudière doit être soumise à un nettoyage régulier.

Ensuite, une deuxième presse à vis taiwanaise a été installée. Cependant, celle-ci a été abandonnée pour des raisons d'usure et de maintenance qui entraînaient des prix de vente des briquettes trop élevés sur le marché du bois de feu.

L'opinion des ingénieurs locaux est que les presses importées requièrent un haut degré de maintenance et des pièces détachées onéreuses difficiles à obtenir par les devises qu'elles nécessitent. Il serait possible de surmonter, en partie, ces problèmes en se basant sur une infrastructure industrielle locale pour construire ces pièces détachées. De plus, les constructeurs de presses semblent peu se soucier du service après-vente.

Il n'y a pas réellement de pénurie en bois de feu même si le gouvernement tente de conserver le potentiel ligneux par des lois récentes. Il semble peu probable que les briquettes puissent être vendues avec succès sur le marché domestique et ceci même sans tenir compte des coûts de production, à cause de certaines de leurs caractéristiques :

- conservation limitée,
- allumage difficile,
- difficultés d'utilisation avec les appareils existants.

Soudan : Dans une optique de lutte contre la déforestation et la pénurie de bois de feu, l'administration forestière et la F.A.O. ont implanté deux unités de densification. Celles-ci opèrent avec de la bagasse de canne à sucre et produisent des blocs densifiés pour les marchés domestiques et industriels (800 t/an au total). L'installation est basée sur un équipement à basse pression utilisant beaucoup de main-d'oeuvre. Ce type d'équipement semble plus approprié au Soudan que des unités sophistiquées à haute pression.

La bagasse est mélangée à de la mélasse dans un simple tambour puis alimente une presse à bloc Testaram. Les blocs sont ensuite séchés au soleil pendant 3 jours (humidité = 9 % ; Pouvoir Calorifique Inférieur = 16,9 MJ/kg).

Les blocs sont moins chers que le bois et de meilleure qualité en combustion ; des boulangeries sont intéressées.

Il est prévu de construire 3 nouvelles unités pouvant produire 1.500 t/an. Le projet actuel, bien qu'encore à petite échelle, a démontré une nouvelle voie dans la substitution du bois de feu.

Actuellement, le marché domestique est étudié afin de déterminer les formes et dimensions idéales des blocs. Les auteurs du projet examinent également la possibilité d'augmenter la pression de densification afin de réduire la quantité de mélasse à inclure dans le procédé car celle-ci intervient pour 1/4 dans le prix de revient des blocs.

Zimbabwe : une pelletiseuse installée dans une usine de décortication d'arachide: succès technique mais gros frais de remplacement et de maintenance de la matrice. Cette unité a eu à déplorer de gros problèmes de vente, excepté à bas prix dans l'industrie en remplacement du charbon de bois. Maintenant, elle s'est reconvertie dans la fabrication d'aliments pour le bétail.

Zambie : une pelletiseuse de résidus de tournesols (enveloppes) devait alimenter une chaudière à charbon mais la qualité des briquettes était trop variable empêchant un contrôle correct de la production de vapeur ou nécessitant des modifications de la chaudière.

Ethiopie : une unité privée (une des rares) avec presse à piston basse pression opérant avec un mélange de sciure (60%), parches de café et coques de coton. La production est vendue à un hôtel à Addis Abbeba. Le processus nécessite des liants, qui doivent être importés et requièrent donc des devises étrangères grevant lourdement le prix de revient. La presse fonctionne bien et on peut espérer passer à 3.000 t/an si les matières premières s'avèrent suffisantes.

Tanzanie : une unité équipée d'une presse à vis densifiant de la sciure à raison de 1.800 t/an. L'unité devait originellement carboniser les briquettes et vendre sur le marché domestique, mais la production est maintenant vendue non carbonisée à des institutions locales. Cependant, les prix en vigueur ne permettent de couvrir que les coûts opérationnels et non le capital investi.

Ghana : une unité avec presse à vis opérant avec des résidus de bois. Elle s'est avérée commercialement rentable et vend la production à des boulangers. Ceux-ci payent un supplément pour les briquettes.

Gambie : problèmes de pièces détachées et prix des briquettes trop élevés.

Niger : problèmes d'approvisionnement en coques d'arachide et problèmes de marketing.

Rwanda : densification du papyrus : problèmes de pièces détachées mais la production a connu un succès sur le marché domestique.

Brésil : des industriels payent les briquettes 50 % plus cher que le bois en raison de leurs dimensions et qualités uniformes, de leur faible humidité et du fait qu'elles soient vendues au poids (fraudes fréquentes lors de la vente du bois au volume).

A Sao Paulo, les briquettes sont vendues 2 fois plus cher vu leur faible humidité et à leurs qualités supérieures.

I.3.2. Conclusions

On ne peut affirmer à priori, que, quels que soient les résidus considérés, la technique adoptée et le marché visé, la densification soit une technologie économiquement intéressante. Chaque situation est un cas particulier et il convient de ne pas généraliser de manière aveugle. Il existe des exemples de réussite brillante et on connaît par ailleurs des échecs retentissants, même dans nos pays industrialisés.

A travers les études réalisées sur la densification et les quelques exemples ci-dessus, nous pouvons isoler trois grands axes "sensibles" sur lesquels butent la plupart des unités de densification :

- l'approvisionnement en matières premières,
- l'adaptation de la technologie,
- le marketing efficace et le marché cible adéquat.

Derrière les quantités impressionnantes de résidus dans la zone d'implantation, se cachent de nombreux écueils quant à l'approvisionnement de l'unité de densification. L'erreur communément commise consiste en une surestimation de la quantité réellement mobilisable et de la régularité de la disponibilité en matières premières.

De même, l'acheminement des résidus jusqu'à l'unité et leur prise de valeur monétaire constituent souvent des aspects peu ou mal étudiés. L'obligation d'assurer un fonctionnement ininterrompu de l'unité face aux investissements consentis rend le problème de l'approvisionnement réellement vital.

Le choix d'un matériel adapté aux contraintes des conditions de travail et aux caractéristiques du produit fini constitue sans conteste l'un des points cruciaux d'une unité de densification.

Les pannes, l'usure et la maintenance exagérée conduisent à des arrêts de production et à un prix de revient excessif qui sont à l'origine de nombreux échecs.

En effet, il est illusoire de penser qu'une presse puisse conserver ses performances avec une matière première pour laquelle elle n'a pas été conçue et ceci dans les conditions de travail difficiles des pays en développement. Il est donc nécessaire de réaliser des essais préliminaires avec le résidu concerné et d'en déduire les modifications et mises au point de la presse.

De plus, la garantie et le service après-vente (fourniture des pièces de rechange) doivent être soigneusement étudiés avec le fournisseur du matériel de densification.

Cependant, malgré l'importance des deux points précédents, il ne fait aucun doute que la majorité des unités de densification échouent lorsqu'il s'agit d'écouler la production. Ceci est dû à plusieurs raisons qui, bien souvent, s'additionnent :

- le prix de vente trop élevé résultant d'une unité mal conçue et/ou d'un marché mal ciblé,
- l'étude insuffisante des habitudes des consommateurs potentiels (appareils utilisés et exigences concernant le combustible) débouchant sur un produit inadéquat, difficilement vendable,
- l'absence d'efforts d'information-promotion d'un produit inconnu et un réseau de distribution insuffisant.

Sans soutien financier, il est évident que la densification de la biomasse est une activité fournissant des profits très marginaux. Le nombre d'unités ayant échoué est là pour démontrer la précarité économique de l'implantation lorsqu'elle n'est pas optimale.

Dans un domaine aussi délicat que l'énergie en pays en développement, face aux investissements importants et aux problèmes technologiques, il est essentiel de réaliser un ensemble d'investigations préliminaires à l'implantation. Ce sont elles qui sont la clé de la réussite de toute unité de densification installée en pays en développement.

Il est évident que la densification de la biomasse est une activité fournissant des profits très marginaux. Le nombre d'unités ayant échoué est là pour démontrer la précarité économique de l'implantation lorsqu'elle n'est pas optimale.

Dans un domaine aussi délicat que l'énergie en pays en développement, face aux investissements importants et aux problèmes technologiques, il est essentiel de réaliser un ensemble d'investigations préliminaires à l'implantation. Ce sont elles qui sont la clé de la réussite de toute unité de densification installée en pays en développement.

Le choix d'un matériel adapté aux conditions des conditions de travail et aux caractéristiques du produit fin constitue sans conteste l'un des points critiques d'une unité de densification.

Les problèmes liés à la maintenance exigent également des soins de production et à un prix de revient excessif qui sont à l'origine de nombreux échecs.

En effet, il est illusoire de penser qu'une presse puisse conserver ses performances avec une maintenance pour laquelle elle n'a pas été conçue et ceci dans les conditions de travail difficiles des pays en développement. Il est donc nécessaire de réaliser des essais préliminaires avec le matériel envisagé et de tenir compte des modifications et mises au point de la presse.

De plus, la garantie et le service après-vente (certaines des pièces de rechange) doivent être soigneusement étudiés avant le lancement de l'unité de densification.

Cependant, malgré l'importance des deux points précédents, il ne faut aucunement que la majorité des unités de densification échouent lorsqu'il s'agit d'évaluer la production. Ceci est dû à plusieurs raisons que nous allons maintenant examiner.

Le prix de vente réel est souvent inférieur à celui annoncé par le fabricant. Les unités de densification qui ont échoué ont souvent été achetées à un prix de revient excessif.

Les unités de densification qui ont échoué ont souvent été achetées à un prix de revient excessif. Les unités de densification qui ont échoué ont souvent été achetées à un prix de revient excessif.

Les unités de densification qui ont échoué ont souvent été achetées à un prix de revient excessif. Les unités de densification qui ont échoué ont souvent été achetées à un prix de revient excessif.

I.4. GUIDE D'ORIENTATION

I.4.1. Introduction

L'implantation d'une unité de densification de résidus ligno-cellulosiques nécessite, plus que toute autre entreprise, un ensemble d'investigations préliminaires. Ces études préalables peuvent se réaliser en plusieurs étapes.

Le but d'une telle entreprise est la satisfaction d'un marché potentiel avec un produit totalement nouveau issu de la transformation de matières premières disponibles.

La première étape de l'étude consiste d'une part en l'évaluation précise de la quantité et de la disponibilité des matières premières et, d'autre part en une étude du marché potentiel. Ces deux aspects fondamentaux constituent le contexte initial de la future unité de densification.

Sur base des résultats de la première étape, l'organisation et les solutions techniques de la future unité de densification peuvent être étudiées. Après avoir vérifié que la densification est une technologie adaptée aux conditions locales, il faut confronter les besoins des utilisateurs potentiels avec les usages possibles des produits densifiés en fonction de leurs qualités.

La recherche de la solution technique et économique optimale doit être réalisée en étudiant et, surtout, en intégrant les différentes options envisageables pour chacune des étapes du processus.

Chacun des acteurs intéressés par l'implantation d'une unité de densification en attend un certain nombre d'implications.

Tableau 2. Implications attendues de l'implantation d'une unité de densification (source : International Workshop on Biomass Fuel Briquetting, Karthoum 1988)

Acteurs	Bailleurs de fond	Initiateurs	Producteurs	Utilisateurs
Contraintes		Planificateurs	Fournisseurs	
Technique	disponibilité combustible par transfert technologique	équilibre offre/demande énergétique	efficacité régularité	efficacité facilité
Social	amélioration bien être. auto-suffisance énergétique.	croissance socio-économique	création d'emplois	modernisation amélioration du statut
Economique	création d'une énergie abordable, performante	satisfaire efficacement les besoins nationaux	augmentation du revenu net	diminution des coûts
Ecologique	diminuer la pression de déforestation	conservation des ressources	respect de la loi	améliorer l'environnement

I.4.2. Le contexte

I.4.2.1. Matières premières

Les ressources en matières premières doivent s'exprimer au moyen de trois grandeurs : la quantité totale de résidus disponibles, le rayon d'action et la régularité de l'approvisionnement.

Il est évident que ces trois valeurs doivent être complétées d'un ensemble de considérations locales nuanciant ces valeurs brutes et permettant une évaluation pratique de ce poste.

En effet, l'apparente abondance des résidus cache des problèmes que l'on néglige trop souvent, comme par exemple :

- le ramassage des résidus agricoles foisonnants nécessite une main-d'oeuvre très abondante, voire de la mécanisation,
- le transport des résidus vers l'unité, soumis aux aléas climatiques
- la prise de valeur monétaire des résidus,
- l'aspect "utilisations alternatives", qui doit absolument être étudié :
 - . nourriture et litière animales,
 - . utilisation directe en combustion,
 - . incorporation ou brûlis sur champ,
 - . fabrication de briques ou de toits en chaume,...

Ces utilisations ne sont habituellement pas considérées étant donné leur faible impact économique ; cependant leur importance locale peut être considérable et doit être quantifiée.

Si ce secteur est monétisé, les marges bénéficiaires doivent être estimées pour évaluer une éventuelle augmentation du prix d'achat face à la nouvelle valorisation qui priverait les utilisateurs de leurs matières premières. De même, un résidu considéré comme embarrassant peut acquérir une valeur aux yeux du propriétaire si une demande est créée.

Au contraire, un résidu nuisible (problèmes phytosanitaires) peut acquérir une valeur d'achat négative par le service rendu en l'éliminant.

C'est au niveau local et non national que ces considérations doivent faire l'objet d'études approfondies.

Technique	Disponibilité	Rayon d'action	Régularité	Facilité
Social	amélioration des conditions de vie			
Economique	création d'une énergie	création d'une énergie	création d'une énergie	création d'une énergie
Écologique	amélioration de l'environnement	amélioration de l'environnement	amélioration de l'environnement	amélioration de l'environnement

a) *Résidus agricoles*

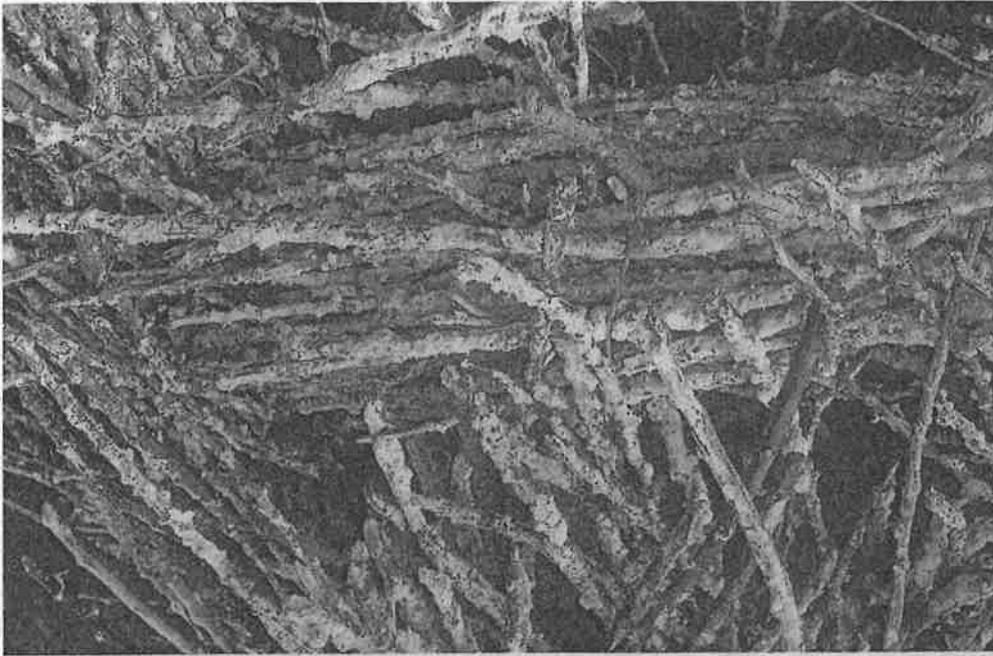


Photo 1. Résidus agricoles - Tiges de manioc

Etant donné que la récolte est rarement mécanisée dans les pays A.C.P., la proportion récupérable de résidus n'excède pas 50%. Il est dès lors nécessaire d'estimer la quantité réellement valorisable suivant les conditions locales.

De même, il est difficilement envisageable de ne pas mécaniser le ramassage et, en tout cas, le transport face aux quantités concernées et surtout à leur foisonnement.

La surface cultivée minimale pour alimenter une unité de densification est telle que de nombreux propriétaires, villages ou coopératives sont concernés. Il est donc crucial d'obtenir leur accord pour l'approvisionnement en résidus et de stipuler les modalités techniques et financières (ramassage, transport).

Le contexte idéal pour l'installation d'une unité de densification est une grande surface de monoculture peu dispersée appartenant à un unique propriétaire.

b) Résidus agro-industriels

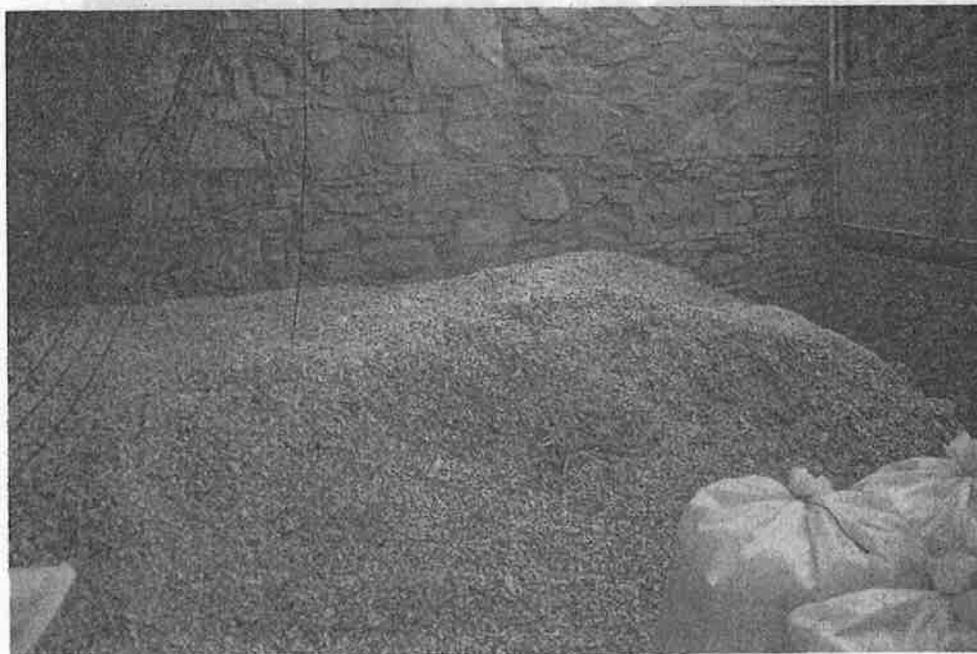


Photo 2. Résidus agro-industriels - Parches de café

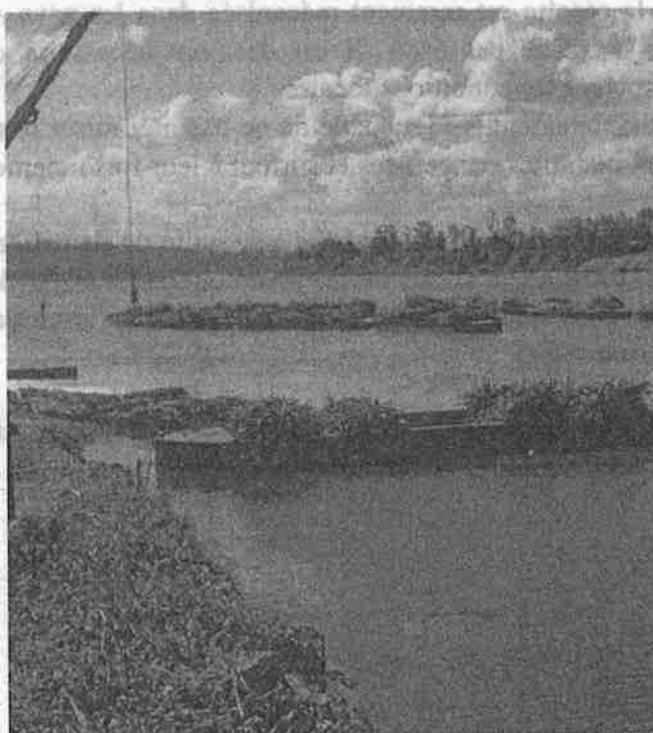


Photo 3. Résidus agro-industriels - Bagasse de canne à sucre

Les résidus agro-industriels résultent de la transformation industrielle d'une production agricole, comme par exemple : arachide - *coques*, canne à sucre - *bagasse*, café - *parches*, riz - *balles*,...

L'installation d'une unité de densification est particulièrement avantageuse dans les conditions d'une unité agro-industrielle : concentration des résidus, séchage préalable, appui technologique, ... Mais ces conditions favorables sont aussi valables pour les utilisations alternatives de ces résidus. En effet, les coûts de transport, de centralisation et de pré-séchage sont pris en charge par la spéculation principale. Ces coûts sont parmi les plus limitants dans la valorisation des résidus. Dès lors, la concurrence entre les diverses valorisations sera d'autant plus aiguë.

Cependant, il faut noter que, la plupart du temps, les grosses industries prévoient la valorisation de leurs résidus (combustion en chaudière,...). C'est pourquoi, les P.M.E. sont plus intéressantes pour l'installation d'unités de densification car cette valorisation est rarement envisagée, étant donné les faibles quantités générées.

c) Résidus de l'exploitation forestière et de l'industrie du bois



Photo 4. Résidus ligneux - Rondins d'Hévéa

L'exploitation forestière produit divers assortiments de résidus dont les caractéristiques physico-chimiques peuvent être très différentes. Les possibilités de valorisation dépendent de leurs quantités et qualités et nécessitent donc, une étude de cas suivant la structure du peuplement forestier, la technique sylvicole, l'objectif de l'exploitation et la technique de travail.

L'industrie de transformation du bois est extrêmement diversifiée et les résidus qu'elle engendre vont dépendre de facteurs tels que l'espèce ligneuse, ses dimensions ainsi que la technique et le niveau de mécanisation de la transformation. C'est pourquoi les résidus produits par cette industrie peuvent être très variables quant à leurs caractéristiques physiques (bout de grume, sciure, écorce), leur humidité et les quantités disponibles. Comme pour l'exploitation forestière, il est indispensable d'analyser chaque cas avant d'envisager une valorisation énergétique.

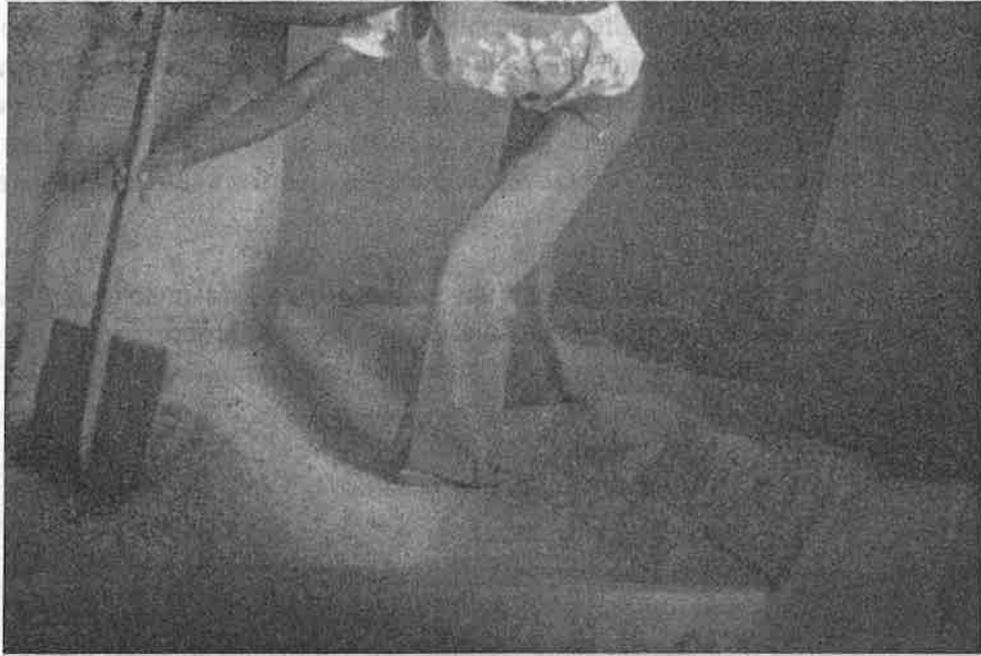


Photo 5. Résidus ligneux - Chips de bois

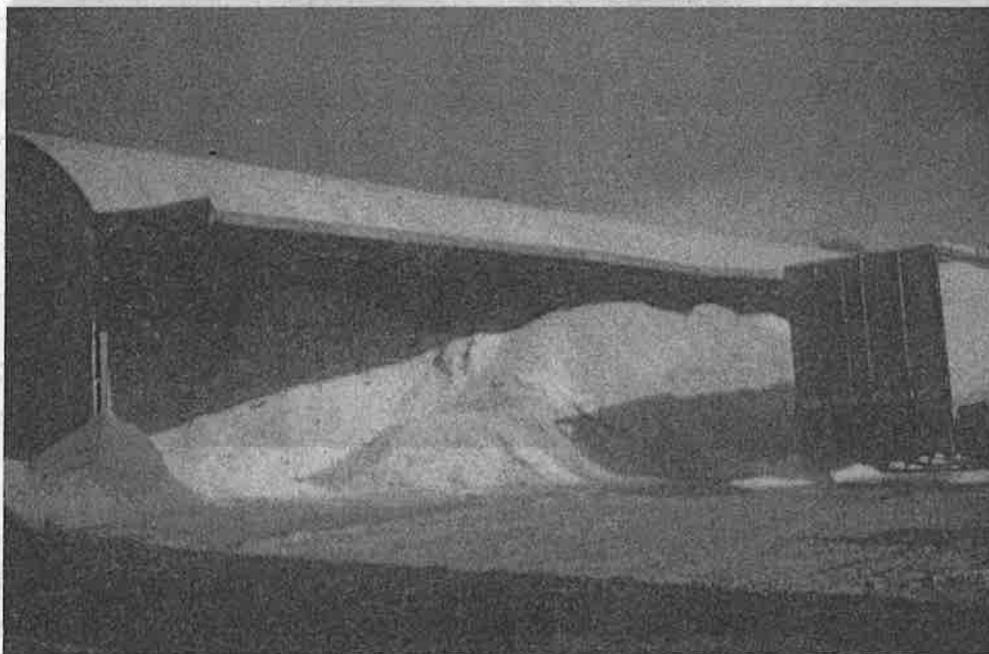


Photo 6. Résidus ligneux - Sciure

I.4.2.2. Marché des produits densifiés

L'étude de marché consiste à établir un bilan de la situation énergétique des différents secteurs susceptibles d'être ciblés par la distribution des produits densifiés.

Ce bilan doit inclure la taille, le type de combustible couramment utilisé et la consommation des marchés potentiels. Ces trois valeurs doivent être assorties d'un certain

nombre de considérations économiques et techniques telles que les prix en vigueur, les réseaux de distribution, les équipements utilisés, ...

La substitution des briquettes aux principaux combustibles est soumise aux trois contraintes majeures suivantes :

- les briquettes peuvent-elles être brûlées dans les foyers utilisés par les consommateurs potentiels ? Dans la majorité des cas, les utilisateurs ne sont pas prêts à changer leurs foyers car les briquettes n'offrent pas les avantages du gaz, de l'électricité ou du charbon de bois. Les briquettes doivent donc être compatibles avec les appareils existants sans grandes modifications.
- le prix de vente des briquettes est-il compétitif par rapport aux prix des combustibles usuels ? En d'autres termes, les avantages des briquettes sur les énergies habituelles sont-ils suffisants pour faire accepter le changement d'habitude et/ou le prix supérieur.
- la qualité des briquettes rencontre-t-elle les besoins des consommateurs et/ou est-elle supérieure à celle des combustibles actuels ?

Classiquement, on distingue deux secteurs susceptibles d'être intéressés par un nouveau produit énergétique : le marché domestique et le marché des commerces, institutions, artisans et industriels.

a) Marché domestique

Invariablement, le marché domestique est le plus important dans les pays en développement. Son importance, tant en quantité que dans ses implications sociales et écologiques face à la crise du bois de feu, en fait une des cibles privilégiées des projets de densification de la biomasse.

Le marché domestique rural, n'étant généralement pas monétisé (ramassage du bois), est difficilement envisageable pour la commercialisation des produits densifiés.

Par contre, le marché urbain est le plus intéressant par sa taille, sa concentration et les prix sans cesse en augmentation de l'énergie domestique face à la raréfaction du bois à proximité des villes.

Les habitudes énergétiques de la population doivent être étudiées attentivement. Il faut ainsi considérer :

- le type de foyer : ouvert, fermé, avec ou sans cheminée,
- le mode de cuisson : rapide, mijotée, grillade,
- certaines habitudes telles que l'extinction à l'eau ou au sable, la récupération des imbrûlés, ...

Sur base de ces informations, on peut déduire les caractéristiques que doivent posséder les briquettes, comme par exemple :

- une inflammabilité aisée si la cuisson est habituellement rapide,
- le type et l'odeur des matières volatiles pouvant influencer le goût des aliments,
- la combustion sans flammes pour les grillades,
- la combustion lente pour les plats mijotés,
- l'inconvénient du dégagement de fumée si le foyer n'est pas équipé de cheminée.

Les caractéristiques des briquettes dépendent non seulement de la matière première utilisée mais aussi du type de presse choisi. C'est pourquoi cette étude est importante et doit être réalisée au début des investigations car elle permet d'orienter les choix techniques.

b) Marché industriel et commercial

Ce secteur comprend :

- les industries basées sur le bois ou le charbon de bois telles que briqueteries, ferronneries, boulangeries,
- les hôtels et restaurants,
- les institutions à forte demande en eau chaude (hôpital, ...).

Quelle que soit sa localisation, ce marché se révèle intéressant par ses besoins énergétiques considérables. En effet, même en milieu rural, les artisans sont contraints de rétribuer la main-d'oeuvre pour le ramassage du bois et sont donc prêts à payer leur combustible.

Comme pour le marché domestique, ce secteur est sensible au rapport efficacité/coût ainsi qu'à la régularité de la disponibilité de l'énergie. Chez les artisans et industriels, l'homogénéité et la faible humidité des briquettes permettent de mieux maîtriser la combustion et d'atteindre des rendements en produits finis plus élevés.

La forte consommation et l'aptitude des industriels à payer un surplus pour la qualité supérieure des briquettes en font un marché avantageux à cibler par les unités de densification. Bien entendu, il convient là aussi de prendre garde à l'adaptabilité au produit densifié de l'équipement déjà existant.

I.4.2.3. Compétitivité des briquettes

L'énergie, domestique ou industrielle, étant une nécessité souvent sujette à problèmes en pays A.C.P., les consommateurs font preuve d'une certaine adaptabilité si le nouveau produit leur apporte plus et/ou coûte moins cher.

Pour se substituer au bois ou au charbon de bois, les briquettes doivent posséder les principales caractéristiques suivantes :

- facilité d'allumage et fractionnement aisé,
- maintien du feu,
- pas d'odeurs,
- ne pas donner de goût aux aliments,
- forme et dimensions pratiques, en fonction de la puissance de chauffe nécessaire: élevée pour un four industriel, faible et combustion lente en usage domestique,
- cohésion et propreté.

Il faut garder à l'esprit que la briquette n'est ni du bois ni du charbon de bois. Plus dense et plus sèche que le bois, elle possède un pouvoir calorifique volumétrique plus élevé ; le foyer doit donc être moins chargé. La briquette brûle d'abord en produisant plus ou moins longtemps

des flammes avant d'atteindre une phase d'incandescence comparable à celle du charbon de bois. Par contre, la brique ne doit pas entrer en contact avec l'eau et doit être stockée à l'abri.

Pour faciliter la pénétration des briquettes sur le marché, il convient de déterminer un combustible à substituer qui soit cher, de mauvaise qualité et d'approvisionnement incertain. De cette façon, l'éventuel surcoût des briquettes ainsi que le changement des habitudes sont acceptés plus aisément.

I.4.3. Choix techniques

Sur base de l'étude concernant le contexte initial, la mise sur pied de l'unité de densification peut se réaliser en deux étapes :

- le choix du matériel correspondant le mieux aux types de matières premières, aux conditions de travail et aux caractéristiques requises du produit final;
- l'étude de l'organisation optimale de l'unité en examinant les flux de matières entre les différentes étapes, depuis les résidus jusqu'à la mise en vente du produit densifié sur le marché cible.

I.4.3.1. Procédés de densification

Pour être densifiés, les résidus agricoles, ligneux et agro-industriels doivent se présenter sous une granulométrie adéquate, comparable à de la sciure de bois, exempts de corps étrangers et avoir une humidité faible (8 à 15 %).

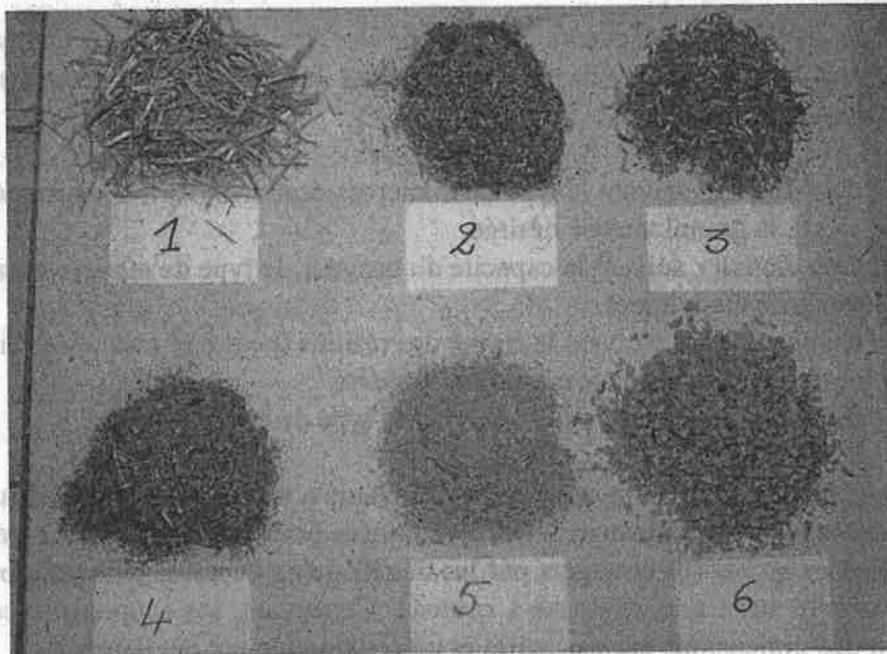


Photo 7. Quelques exemples de matières premières prêtes à être densifiées.
1. Paille, 2. Mimosa, 3. Hévée, 4. Bagasse de canne à sucre, 5. Balle de riz, 6. Parche de café.

Les différentes étapes du processus de densification comprennent :

- le stockage des matières premières afin d'assurer un fonctionnement continu de l'unité,
- le fractionnement (si nécessaire) : réduction des résidus en particules de granulométrie adéquate,
- le séchage (si nécessaire) des particules jusqu'à l'humidité requise par le procédé,
- la densification proprement dite,
- le conditionnement des briquettes pour la vente,
- la possibilité de stockage intermédiaire entre certaines étapes.

Comme nous le verrons plus loin (cf paragraphe 1.4.3.2.), certains types de résidus peuvent être densifiés directement, d'autres nécessitent un broyage et/ou un séchage.

a) *Stockage*

Face aux investissements à consentir, il est obligatoire de maintenir un taux d'utilisation de l'unité de densification très élevé. Il est donc nécessaire de prévoir d'importantes possibilités de stockage, et ceci d'autant plus que l'approvisionnement en matières premières est saisonnier.

Dès lors, comme nous le verrons plus loin, il est avantageux de profiter de ce temps de stockage pour favoriser le séchage naturel et économiser ainsi l'énergie consacrée dans le processus pour atteindre l'humidité requise.

L'aire de stockage doit être abritée et suffisamment vaste pour permettre un fonctionnement ininterrompu de l'unité pendant la morte saison.

b) *Fractionnement*

Lorsqu'un broyage est nécessaire, il faut définir les caractéristiques suivantes pour orienter le choix du broyeur (les facteurs influençant les différentes caractéristiques sont données pour chacune d'entre elles) :

- capacité du matériel : suivant le type de matières premières (forme, résistance, nature fibreuse, ...) et la granulométrie désirée,
- puissance du moteur : suivant la capacité du broyeur, le type de matière et la réduction de granulométrie à appliquer,
- système d'alimentation : suivant la forme des résidus (peut être mécanisée si la forme est régulière) et le degré de mécanisation souhaité,
- système d'extraction des particules : suivant le type de broyeur choisi.

Les deux grands types de broyeurs sont les broyeurs à marteaux et les coupeuses.

Ces dernières sont généralement surdimensionnées pour la densification. De plus, elles sont très vulnérables aux corps étrangers par les dégâts qu'ils occasionnent aux couteaux. Cet équipement nécessite aussi une affûteuse à couteau. Cependant, les coupeuses permettent un réglage plus fin des dimensions des particules et un fractionnement net et précis.

Les broyeurs à marteaux sont quant à eux plus rudimentaires et conviennent à des matières déjà fractionnées grossièrement. Ils permettent d'obtenir une granulométrie favorable

à la densification et sont d'un entretien très réduit (recharge des surfaces de friction par dépôt de soudure).

c) Séchage

Les humidités acceptables pour la densification sont de l'ordre de 5 à 15 %. La capacité d'un séchoir s'exprime par la quantité d'eau qu'il peut éliminer par unité de temps. Le dimensionnement du séchoir se calcule donc d'après l'humidité maximum des résidus entrant dans le processus et d'après la capacité horaire de la presse.

Excepté les presses à vis, les autres procédés n'exigent pas de matières exceptionnellement sèches ni d'humidité très homogène, le séchoir ne doit pas être trop élaboré.

Les différents types de séchoir sont les séchoirs rotatifs, de très forte capacité, les séchoirs à contact et les séchoirs à air pulsé, tous deux moins onéreux et de capacité mieux adaptée à la densification.

d) Presses de densification

Il existe 4 types de presses industrielles (figure 1) et plusieurs types de presses manuelles. Les contraintes de chacune d'elles concernant la matière première de même que les caractéristiques du produit obtenu doivent orienter le choix technico-économique de la presse la mieux adaptée aux conditions de travail et à la capacité désirée.

Voici un bref aperçu des différentes presses avec leurs caractéristiques et contraintes :

Presse à piston

Il s'agit d'un piston qui pousse la matière dans un cylindre pourvu d'un étranglement conique plus ou moins accentué qui freine la progression de la matière. Ce frein provoque le frottement de la matière sur les parois du tube et permet le compactage de la matière.

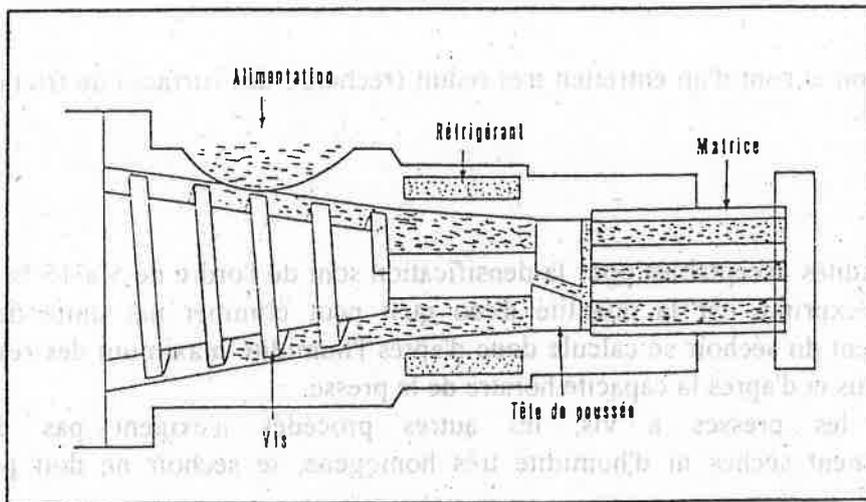
Ce type de presse ne convient pas pour des résidus à forte densité (parche de café) à cause de leur faible déformation et de l'échauffement insuffisant qui en résulte.

Par contre, ce procédé est moins exigeant en ce qui concerne l'humidité de la matière première (12 à 16 %) du fait du frottement et de la température plus faibles atteints avec cette presse. Cependant, la qualité des briquettes ainsi obtenues en est affectée.

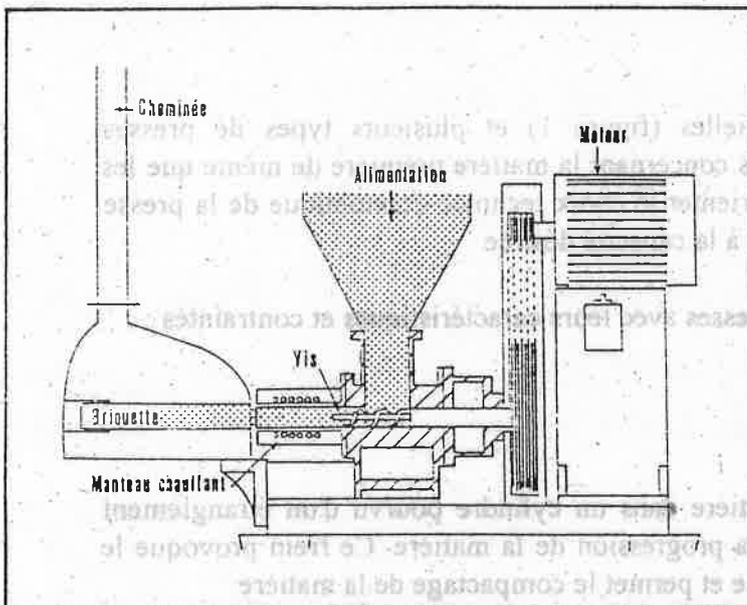
Ce type de procédé tolère une granulométrie assez grossière (10 à 15 mm).

Les pressions développées sont très variables et, contrairement aux presses à vis, l'échauffement de la matière est superficiel. Par conséquent, la cohésion de la briquette est souvent plus faible et le délitage lors de la combustion entraîne une phase incandescente plus courte.

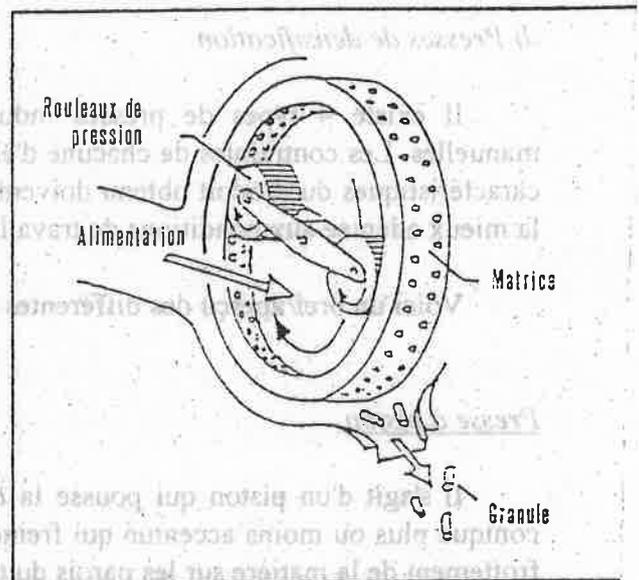
Ce produit convient peu à la cuisson mijotée ou la grillade. De même, la carbonisation de cette briquette donne généralement de mauvais résultats et le charbon de briquette présente une faible tenue à l'humidité. Cette caractéristique entraîne des problèmes de conservation lors de stockages prolongés.



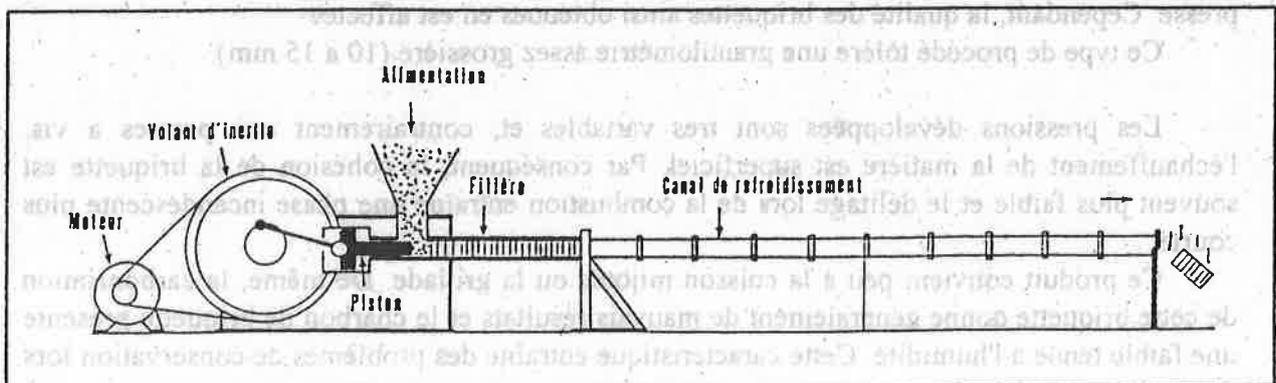
Presse à vis conique



Presse à vis cylindrique et manteau chauffant



Presse à granuler



Presse à piston

Figure 1. Types de presses industrielles de densification

Presse à vis conique

Le principe de fonctionnement consiste en une vis conique qui oblige la matière à se densifier au cours de sa progression. Après la vis, la matière est extrudée à travers une filière équipée de trous qui oppose, elle aussi, une contre-pression par frottement. Ce procédé entraîne une forte élévation de température de la matière par les importantes frictions induites par la vis.

La presse à vis conique fonctionne bien avec le bois mais nécessite une mise au point avec les résidus agricoles et agro-industriels. De plus, cette presse est exigeante en ce qui concerne l'humidité de la matière qui doit être inférieure à 10 %, sous peine d'éclatement des briquettes à la sortie de la filière (détente de la vapeur). Les granulométries tolérées sont intermédiaires (6-12 mm).

Les briquettes produites sont de très bonne qualité et conviennent bien à l'utilisation domestique et à la carbonisation ou la gazéification (bonne cohésion). La maintenance de cette presse est très lourde et sa conduite délicate sur le plan technique.

Presse à vis et à manteau chauffant

La matière, poussée par une vis cylindrique ou légèrement conique, transite par une filière chauffée entre 100 et 300° C. La vis échauffe la matière et la filière fournit une contre-pression par frottement qui est réglable en adaptant la température.

La pyrolyse superficielle et la friction de la vis assurent une très bonne cohésion de la briquette. La forme particulière de la vis permet l'évacuation de la vapeur par le centre évidé de la briquette.

Ce procédé est très polyvalent (réglage de la température de la filière tube) et fournit des briquettes de très bonne qualité. De plus, sa tolérance à l'humidité de la matière est meilleure que la presse à vis conique car la vapeur peut s'échapper par le trou central.

Presse à granuler ou pelletiseur

Le principe de ce type de presse consiste à extruder la matière sous la pression de rouleaux, au travers d'un anneau ou d'un plateau muni de trous de diamètres variables. Ces trous sont, en fait, autant de petites filières qui fournissent la contre-pression par frottement.

Les filières de ce procédé, largement utilisé dans la fabrication d'aliments pour le bétail, doivent être adaptées à la biomasse afin de produire des pellets beaucoup plus denses. La granulométrie doit être très fine (3 à 6 mm).

Ce type de presse, de très forte capacité, nécessite des investissements lourds et une très grande disponibilité en matière première de caractéristiques uniformes. Il n'est adapté qu'aux conditions agro-industrielles de densification de la biomasse.

La taille des pellets (diamètre maximum de 12 mm) les rend apte à la combustion industrielle grâce à leur puissance de chauffe élevée.

Presse manuelle

Ce type de presse de faible capacité, dérivé de l'industrie de la brique, utilise un système de levier actionné manuellement pour fournir la pression de densification.

Très souvent, la faible pression obtenue nécessite l'adjonction de liants de divers types afin d'assurer une cohésion suffisante de la briquette. Ces liants constituent le principal inconvénient de ce procédé. En effet, ils doivent être disponibles facilement et à moindre frais sur le lieu de densification et ne doivent pas entraîner de dégagement toxique ou odorant lors de la combustion. Ils constituent souvent un élément déterminant du prix de revient de la briquette.

Cependant, ce procédé rustique se révèle très bien adapté aux conditions de travail difficiles, au faible niveau technologique des régions agricoles et peut être utilisé par une main-d'oeuvre non qualifiée. Son principal avantage réside dans le très faible investissement par rapport aux autres procédés.

Il faut ajouter que la présence de liants permet d'éviter un fractionnement poussé, que ce type de presse peut densifier des résidus raisonnablement humides et que les briquettes peuvent être séchées au soleil. Le conditionnement des matières est donc réduit au minimum.

Le tableau 3, reprend les principales caractéristiques et exigences des différents types de presses de densification.

Tableau 3. Caractéristiques principales des différents types de presse.

Type de presse	Piston	Vis conique	Vis à mant. chauffant	Pelletiseur	Manuelle
Capacité	50 à 1.000 kg/h	500 à 1.000 kg/h	50 à 600 kg/h	500 à 8.000 kg/h	Faible (+/- 25kg/h)
Technicité	Faible	Moyenne	Faible	Elevée	Très faible
Investissement	Faible à moyen	Moyen	Faible à moyen	Elevé	Très faible
Dimension (diamètre)	50 à 100 mm	25 à 100 mm	50 mm	6 à 12 mm	variable

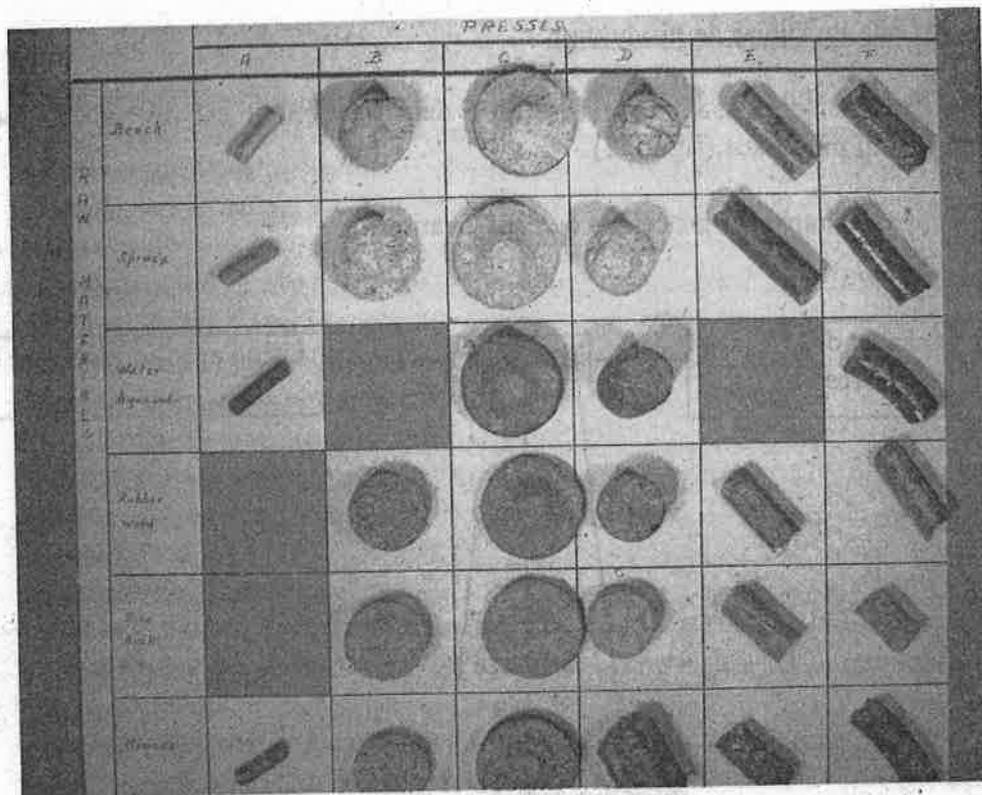


Photo 8. Quelques échantillons de briquettes

Conditionnement

Vente

Le processus présenté ci-dessus concerne une matière première qui nécessite broyage et séchage. Cependant, certains résidus comme la sciure, le copeau, la paille de riz peuvent être densifiés directement sans nécessiter les opérations de broyage et séchage.

Les étapes du processus de densification dépendent donc directement du type de matière première et du conditionnement nécessaire pour remplir les conditions d'une densification correcte.

La localisation de l'unité de densification est essentiellement guidée par l'approvisionnement en matières premières qui, dans le cas de résidus non agro-industriels, constitue l'un des principaux facteurs limitants.

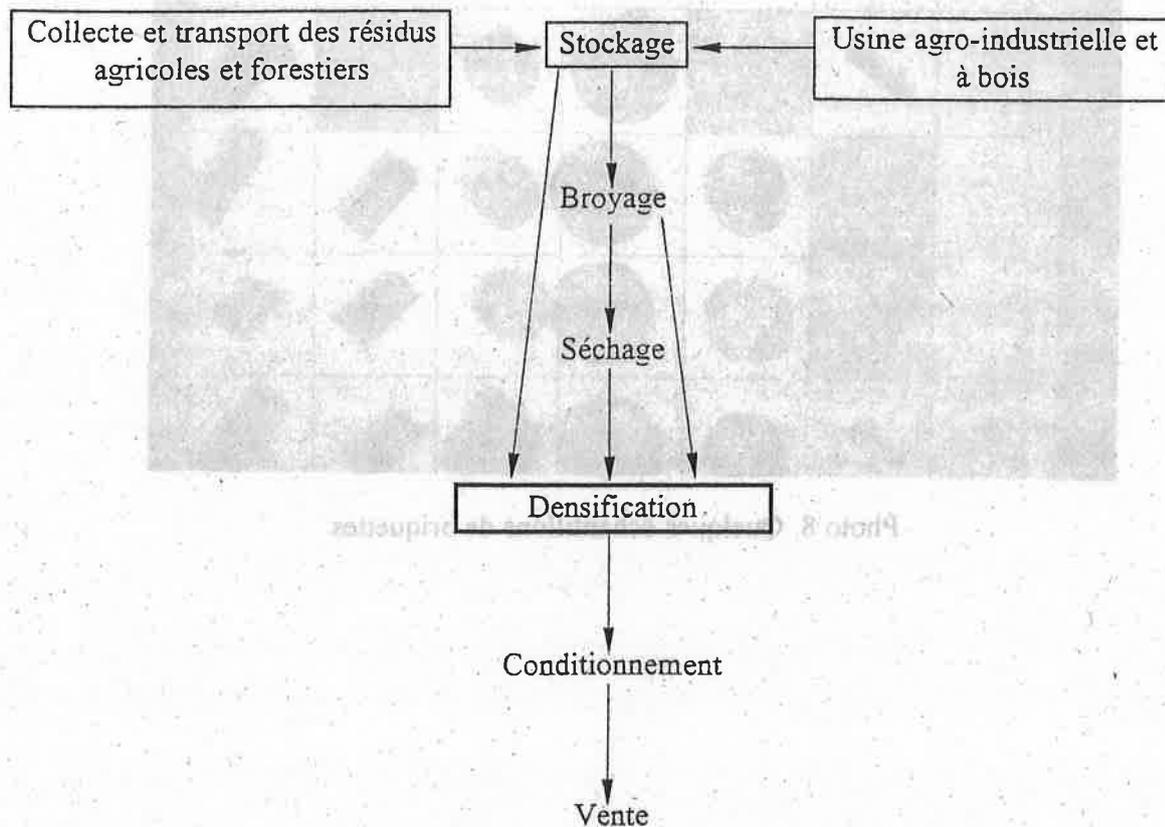
En effet, étant donné la quantité et le foisonnement des matières premières, il est vital de minimiser le transport des résidus afin d'en diminuer le coût rendu usiné.

Cependant, le marché cible, l'environnement technologique, la présence de main-d'œuvre et l'infrastructure sont des facteurs qui influencent aussi le choix de la localisation optimale.

I.4.3.2. Organisation de l'unité de production

Avant d'aborder l'organisation de l'unité de densification, il est utile de rappeler les principales étapes du processus (figure 2).

Figure 2 : Principales étapes du processus de densification



Le processus présenté ci-dessus concerne une matière première qui nécessite broyage et séchage. Cependant, certains résidus comme la sciure sèche, la parche de café ou la balle de riz peuvent être densifiées directement sans nécessiter les opérations de broyage et séchage.

Les étapes du processus de densification dépendent donc directement du type de matière première et du conditionnement nécessaire pour remplir les conditions d'une densification correcte.

La localisation de l'unité de densification est essentiellement guidée par l'approvisionnement en matières premières qui, dans le cas de résidus non agro-industriels, constitue l'un des principaux facteurs limitants.

En effet, étant donné la quantité et le foisonnement des matières premières, il est vital de minimiser le transport des résidus afin d'en diminuer le coût rendu usine.

Cependant, le marché cible, l'environnement technologique, la présence de main-d'oeuvre et l'infrastructure routière influencent eux aussi le choix de la localisation optimum.

Compte tenu de la nécessité de limiter au maximum les investissements, le producteur a intérêt à sécher préalablement la matière avant de l'introduire dans le cycle de transformation. Dans cette optique, il faut favoriser autant que possible le séchage naturel, et ce, pour chaque étape où cela est envisageable, c'est-à-dire, sur le champ avant le ramassage, lors du stockage principal dans l'unité et lors du stockage intermédiaire après le broyage. Ainsi, plus l'humidité de la matière est réduite et plus la capacité du séchoir est diminuée.

Ces deux aspects, transport vers l'unité et pré-séchage, sont réellement vitaux car ils permettent, par une organisation réfléchie lors de la mise sur pied de l'unité, de réduire les coûts opérationnels et la charge d'investissement.

I.4.4. Marketing

Une constante pour les unités de densification opérant actuellement est la difficulté de pénétration du marché du bois de feu ou du charbon de bois.

En effet, la brique est un produit nouveau et les coûts opérationnels et d'investissement entraînent des prix de vente généralement plus élevés que les combustibles habituels. Il est vrai que le prix du bois ne tient pas compte de sa valeur sur pied mais simplement du travail de collecte. Par contre, si on lui attribue une valeur économique, comme dans le cas des plantations de bois de feu, la densification des résidus s'avère souvent compétitive.

Ainsi, afin de faire connaître l'existence et les avantages de la brique, il est nécessaire dans un premier temps d'organiser des campagnes de promotion, de publicité voire de distribution. De plus, il est essentiel de bénéficier d'un réseau de distribution permettant aux utilisateurs de s'approvisionner régulièrement.

En somme, il semble que les briques ne peuvent s'imposer que si :

- elles apportent des avantages à l'utilisation par rapport aux combustibles habituels,
- elles sont compatibles avec l'équipement de combustion existant,
- elles sont vendues à un prix acceptable par rapport au bois et au charbon de bois,
- elles bénéficient d'un réseau de distribution sérieux.

Les marchés porteurs sont les petites industries, hôtels, commerces, institutions mais aussi le marché domestique, à condition de disposer d'un réseau de distribution adéquat (grande disponibilité) et surtout de fournir un effort important de pénétration du marché potentiel.

II. INFORMATIONS NECESSAIRES POUR L'IMPLANTATION D'UNE UNITE DE DENSIFICATION (questionnaire)

L'entrepreneur désirant implanter une unité de densification doit se poser un nombre important de questions et aborder le large éventail des aspects soulignés précédemment afin d'évaluer ses chances de succès.

Les paragraphes suivants proposent un canevas des principaux paramètres à analyser. C'est seulement à partir de ces études que l'on peut décider de l'opportunité de poursuivre l'édification de l'entreprise.

Le canevas proposé est le suivant :

- l'étude du contexte initial en ce qui concerne, d'une part, les matières premières et, d'autre part, les marchés potentiels,
- l'étude de l'unité de densification proprement dite avec son organisation et ses choix techniques,
- les problèmes de marketing et d'écoulement de la production.

Nous avons hiérarchisé les informations en trois classes : essentielles (***) ; très importantes (**) ; importantes (*).

II.1. Contexte initial

Matières premières

	1	2	3	4
Nature (***)				
Proportion (***)				
Origine (*)				
Rayon d'action de l'unité concernant son approvisionnement en matières premières (***)				
Quantité totale de résidus ligno-cellulosiques à l'intérieur de la zone d'action (***)				
Disponibilité des résidus (***)				
régulière				
saisonnnière				
Utilisation actuelles de ces résidus (**)				
Quantités valorisées (**)				
Prix d'achat (rendu usine) (**)				
Etat du réseau de communication dans le secteur considéré (*)				
Régime pluviométrique, température et humidité relative saisonnière (*)				

Marché potentiel

Type (domestique, artisanat, industrie, rural, urbain) (**)	
Localisation et importance du marché visé (***)	
Combustibles actuels et prix en vigueur (***)	
Consommations observées à l'intérieur du marché cible	
Réseaux de distribution actuels et équipements utilisés dans le marché cible (***)	

II.2. Organisation de l'unité de production

Approvisionnement en matières premières

Matières premières	1	2	3	4
Organisation du ramassage (**) moyens techniques moyens humains				
Organisation du transport vers l'unité (**) moyens techniques moyens humains				
Capacité de stockage avec et sans abri (***) sur le champ dans l'unité				
Quantités rendues usine par an (***)				

Traitement de la matière première avant densification

Matières premières	1	2	3	4
Possibilités de pré-séchage des résidus (*) sur le champ dans l'unité				
Humidité d'équilibre de la matière première suivant la saison et la présence d'un abri(en % de la matière anhydre)(***)				
Masse volumique (kg/m3)(***)				
Préparation de la matière première(***)				

Équipement de préparation (**)

	Broyeur	Séchoir
Fournisseurs		
Caractéristiques techniques		
Prix (USD)		
Capacités (kg mat. anhydre/h)		
Consommation / t de prod. anhydre	- électricité (kWh)	
	- pétrole (litres)	
	- autres	
Humidité(%/anhydre)	- entrée	
	- sortie	
Granulométrie à la sortie		
Maintenance (% du capital équipement)		
Usure par tonne de produit		

Moyens humains et techniques de manutention entre les différentes étapes (*)

à la réception des matières premières	
au broyage	
au séchage	
à la densification	

Stockages intermédiaires (*)

à la réception des matières premières	
entre le broyage et le séchage	
entre le séchage et la densification	
après densification	

Densification

Type	Piston	Vis	Vis et manteau chauffant	Pelleti- seur	Presse manuelle
Constructeur (***)					
Nombre (***)					
Puissance moteur (kW)(**)					
Capacité (***) (kg brique/h)					
Prix (**)(USD)					
Consommation (*) électricité (kWh)					
	pétrole (l)				
	autres				
Système d'alimentation (*) type					
	débit horaire				
Maintenance par tonne de produits (**)					
Utilisation d'un liant (si nécessaire)(***) nature quantité de liant par kg de brique origine du liant méthode de préparation méthode d'alimentation type de mélangeur					
Dispositif de refroidissement des produits densifiés et consommation énergétique par kg de briquettes (*)					

Organisation de la production

Production annuelle (t/an)(***)	
Personnel (nombre)(***)	ouvriers qualifiés
	ouvriers non qualifiés
	administratifs
Personnel (salaires mensuels en USD)(**)	ouvriers qualifiés
	ouvriers non qualifiés
	administratifs
Horaire journalier (**)	
Nombre d'équipes (**)	
Nombre de jours de travail par an (**)	
Bâtiments de production (*)	surface
	coût
	durée d'amortissement
Bâtiments de stockage (*)	surface
	coût
	durée d'amortissement
Aires de stockage (non abritée)(*)	surface
	coût
	durée d'amortissement
Divers (**)	environnement technique
	coût du kWh électrique
	coût du litre de fuel
	impôts
	taxes
	assurances
Intérêts emprunt long terme	équipement
	bâtiment

Produits obtenus

Dimension (en mm)(***)	
Humidité d'équilibre (% de la masse anhydre) (***)	
Masse volumique (en kg/m ³)(***)	
Chaîne de conditionnement (*) découpe et emballage: types de machines	
	types de conditionnement
	volume de stockage
Ecoulement (***) moyen de transport distance du marché réseau de distribution	
Acceptabilité du produit (***) type d'étude réalisée résultats	
Marketing (***) : effort de pénétration du produit sur la marché cible (distribution, publicité, promotion)	

Arrivés à la fin de ce questionnaire, vous pouvez porter très certainement une meilleure appréciation sur votre projet de densification de la biomasse. Si vous pensez que votre projet est particulièrement intéressant, pouvez-vous, en quelques lignes, nous donner votre avis sur votre projet, en soulignant notamment ses points forts et les éléments qui devraient être examinés de manière plus approfondie.

1. La démarche adoptée par le CRA est destinée à rapporter aux institutions, organisations et entrepreneurs privés des pays A.C.P., une information vérifiée relative aux constructeurs européens de matériel de densification de la biomasse.

Cette investigation s'est déroulée en plusieurs phases

1° Recherche des coordonnées des constructeurs existant à priori, actuellement

2° Contact (questionnaire) par courrier ou télégramme, puis éventuellement par téléphone

3° Déroulement des informations fournies par les constructeurs

4° Évaluation des références d'applications industrielles des procédés de chacun des constructeurs

La première phase, essentiellement bibliographique, a consisté à relever dans la littérature spécialisée et les précédents inventaires les coordonnées de l'ensemble des constructeurs de presses de densification ayant déjà été identifiés. Pour certains pays, quelques adresses ont été fournies par les ambassades

Ainsi, plus d'une centaine de contacts ont été pris à l'heure l'Europe en date du 26 / 04 / 1993

Les documents envoyés comprennent une lettre de présentation de l'étude ainsi qu'un questionnaire de trois pages. Ce questionnaire se concentre sur

- les conditions d'implantation des presses (location, service après-vente),
- une description du procédé de densification,
- quelques références industrielles du procédé de densification,
- des équipements périphériques et les caractéristiques des matières premières

Après le déroulement et le classement des informations fournies par les constructeurs intéressés, nous avons repris contact avec ces derniers afin d'organiser des visites d'installations de référence et des rencontres avec les industriels.

L'évaluation finale des dossiers nous conduit, sous la sélection des constructeurs européens de presse à densifier la biomasse qui offrent tout le confort et la compétence nécessaires aux relations de développement industriel dans les pays ACP

III. LISTE DES CONSTRUCTEURS RECOMMANDES

III.1 INTRODUCTION

La démarche adoptée par le CRA est destinée à apporter aux institutions, organismes et entrepreneurs privés des pays A.C.P., une information vérifiée relative aux constructeurs européens de matériel de densification de la biomasse.

Cette investigation s'est déroulée en plusieurs phases :

- 1° recherche des coordonnées des constructeurs existant, à priori, actuellement,
- 2° contact (questionnaire) par courrier et/ou télécopie, puis, éventuellement par téléphone,
- 3° dépouillement des informations fournies par les constructeurs,
- 4° évaluation des références d'applications industrielles des procédés de chacun des constructeurs.

La première phase, essentiellement bibliographique, a consisté à relever dans la littérature spécialisée et les précédents inventaires, les coordonnées de l'ensemble des constructeurs de presses de densification ayant déjà été identifiés. Pour certains pays, quelques adresses ont été fournies par les ambassades.

Ainsi, plus d'une centaine de contacts ont été pris à travers l'Europe en date du 26 / 04 / 1992.

Les documents envoyés comprenaient une lettre de présentation de l'étude ainsi qu'un questionnaire de trois pages. Ce questionnaire se concentrait sur:

- les conditions d'implantation des presses (formation, service après-vente),
- une description du procédé de densification,
- quelques références industrielles du procédé de densification,
- des équipements périphériques et les caractéristiques des matières premières.

Après le dépouillement et le classement des informations fournies par les constructeurs intéressés, nous avons repris contact avec ces derniers afin d'organiser des visites d'installations de références et des rencontres avec les industriels.

L'évaluation finale des dossiers nous conduit alors à sélectionner les constructeurs Européens de presse à densifier la biomasse qui offrent tout le sérieux et la compétence nécessaires aux relations de développement industriel dans les pays ACP.

Notre sélection est basée sur les éléments suivants:

- la qualité du service offert à la mise en route de l'installation et du service après-vente d'une manière plus générale,
- la fiabilité des équipements,
- l'intérêt porté aux pays ACP.

Chaque constructeur recommandé est présenté de la manière suivante:

- 1° coordonnées,
- 2° procédé de densification,
- 3° références,
- 4° conditions d'implantation.

Nous avons voulu cette présentation volontairement très brève, et nous recommandons aux entrepreneurs ACP intéressés de prendre contact directement avec les constructeurs recommandés.

Nota bene

Nous comprenons que la démarche adoptée suscite des réactions: telle entreprise n'a pas reçu notre courrier parce qu'elle a déménagé, telle autre entreprise n'offre pas un service après-vente performant, enfin une autre n'était pas reprise dans nos fichiers.

Nous invitons par conséquent toutes les entreprises que nous n'avons pu recommander mais qui souhaitent pouvoir éventuellement figurer dans une nouvelle version de ce guide, à contacter le Centre pour le Développement Industriel ou à nous contacter directement. Le CRA se tient à disposition, avec le support du CDI, pour évaluer toute référence ou pour aider tout constructeur à améliorer ses équipements ou ses services. La liste des entreprises contactées, reprise en annexe, donne le statut de chaque entreprise dans nos fichiers.

CRA

Station de Génie rural
M. Yves Schenkel
Chaussée de Namur, 146
B-5030 Gembloux
Tél: +/32/81/612501
Fax: +/32/81/615847

Centre pour le Développement de l'Industrie

M. Paul Chotard
Avenue Hermann-Debroux, 52
B-1160 Bruxelles
Tél: +/32/2/6791811
Fax: +/32/2/6752603

Notre objectif est de vous proposer des solutions qui vous permettent de mieux gérer vos données et de les rendre disponibles à tout moment et partout.

Il s'agit de vous offrir :

- une solution plus globale
- la maîtrise des données
- l'accès à vos données

Le projet d'installation recommandée est présenté ci-dessous :

- 1° choix des données
- 2° choix de destination
- 3° étapes
- 4° conditions d'installation

Vous souhaitez cette présentation personnalisée ? Nous recommandons aux entreprises ACTP d'initier de préférence contact directement avec les constructeurs recommandés.

Notre bilan

Nous comprenons que la démarche adoptée sur les entreprises n'a pas été notre priorité parce qu'elle a été délaissée. Celle-ci nous a permis de mieux connaître nos clients et de leur offrir un service plus personnalisé. Enfin, nous avons pu constater que nous n'avons pu recommander mais que souhaiter pouvoir éventuellement faire dans une nouvelle version de ce guide à contacter le Centre pour le Développement Industriel et l'Innovation (CDI) directement. Le CRA se tient à disposition, avec le support du CDI, pour évaluer toute référence ou pour aider tout constructeur à améliorer ses équipements ou ses services. La liste des entreprises contactées, reprise en annexe, donne le statut de chaque entreprise dans nos fichiers.

III.2. FICHES DE PRESENTATION DES CONSTRUCTEURS

<p>Centre pour le Développement de l'Industrie M. Paul Chouard Avenue Hermann-Deboux 22 B-1180 Bruxelles Tél +3226791811 Fax +3226722601</p>	<p>CRA Station de Ferris Inuit M. Yves Schenkel Chaussée de Namur 140 B-5030 Gembloux Tél +3281612501 Fax +3281612847</p>
--	---

ADELMANN A G

1) Coordonnées

ADELMANN AG
J. Schöner Strasse 73
D - W8782 Karlstadt
République Fédérale d'Allemagne

Tel: +/49/93/537903-0

Fax: +/49/93/537903-70

Telex: 93 53 82

2) Procédé de densification

Cette société propose une presse à piston avec pré-chauffage. Ce procédé ne nécessite pas de liants et n'est pas mobile. La capacité horaire va de 150 à 550 kg et la puissance du moteur électrique est de 11 à 37 kW.

Le système d'alimentation est intégré à la presse et comprend un ensemble de 4 vis coniques et cylindriques. Plusieurs broyeurs sont disponibles d'une puissance de 11 à 44 kW. ADELMANN AG ne propose pas de séchoirs. Le conditionnement s'opère en sacs de 25 à 50 kg.

ADELMANN AG collabore avec une firme anglaise, NEW AIR TECHNICAL SERVICES Ltd. Cette firme offre des systèmes complets pour la densification de la biomasse, comprenant broyeurs, silos, séchoirs et ensacheuse semi-automatique, ainsi que la presse ADELMANN AG. Les coordonnées de NEW AIR TECHNICAL SERVICES sont données à la fin de cette fiche.

Les matières premières couramment utilisées sont le bois et la paille ; l'humidité doit être comprise entre 5 et 15 % et la dimension des particules entre 1 et 30 mm.

Les briquettes obtenues ont un diamètre de 45 à 65 mm et une masse volumique comprise entre 900 et 1.200 kg/m³ suivant le type de matière première.

3) Références

Non disponibles pour publication. Elles peuvent être obtenues directement chez le constructeur.

4) Conditions d'implantation.

La formation des utilisateurs n'est pas envisagée, sauf contre rémunération.

La garantie est de 6 mois, mais n'inclut pas l'usure du matériel. La fourniture des pièces détachées est assurée par un agent dans le pays où se situe l'unité.

Coordonnées: NEW AIR TECHNICAL SERVICES Ltd
Winchester Avenue
Blaby Industrial Park
Blaby Leicester LE8 7JG
England
Tel: +44/533778080
Fax: +44/533773017
Personne à contacter: Mr P. Roddy

Cette société propose une presse à piston avec un châssis en fonte et un moteur électrique de 11 à 22 kW. Les capacités de presse sont de 100 à 250 kg et la puissance du moteur électrique est de 11 à 22 kW.

Le système d'alimentation est intégré à la presse et comprend un ensemble de 4 vis coniques et cylindriques. Plusieurs modèles sont disponibles d'une puissance de 11 à 44 kW. ADELMANN AG ne propose pas de achats. Le conditionnement est en sacs de 25 à 20 kg.

ADELMANN AG collabore avec une firme anglaise NEW AIR TECHNICAL SERVICES Ltd. Cette firme offre des systèmes complets pour la densification de la biomasse comprenant broyeur, silos, séchoirs et machines semi-automatiques, ainsi que la presse. ADELMANN AG Les coordonnées de NEW AIR TECHNICAL SERVICES sont données à la fin de cette fiche.

Les matières premières couramment utilisées sont le bois et la paille. L'humidité doit être comprise entre 2 et 12 % et la dimension des particules entre 1 et 30 mm.

Les paillettes obtenues ont un diamètre de 48 à 62 mm et une masse volumique comprise entre 900 et 1 200 kg/m³ suivant le type de matière première.

3) Références

Pour de plus amples informations, veuillez vous adresser à nos bureaux régionaux ou directement à nos bureaux centraux.

AMANDUS KAHL NACHF

(*) Conditions d'implantation

Les travaux de pose et de montage des machines sont effectués par nos équipes de techniciens expérimentés. Les pièces de rechange sont livrées séparément.

1) Coordonnées

AMANDUS KAHL NACHF
Dieselstrasse 5, Postfach 1246
D-2057 Reinbek bei Hamburg
République Fédérale d'Allemagne

Tel: +/49/4072771-0
Fax: +/49/4072771-100
Telex: 217875 kahl d

2) Procédé de fabrication

AMANDUS KAHL NACHF propose une presse à granuler, du type à matrice plate. Le débit de production varie selon les modèles de 150 à 10000 kg/h, avec des matières premières d'une humidité de 10 à 15 %.

La firme fournit les périphériques suivant:

- système de dosage et d'alimentation (vis ou bandes transporteuses), pour tous les types de presse (de 1,2 à 9 kW),
- séchoir et refroidisseur à bande, de 300 à 25.000 kg/h,
- broyeurs à marteaux, de 10 à 75 t/h.

L'expérience industrielle du constructeur concerne essentiellement la sciure de bois (humidité: 9 - 15 %) et les boues de curage (humidité 12 - 45 %).

Les pellets ont un diamètre de 2 à 20 mm au choix, leur longueur étant de 2 à 2,5 fois celle du diamètre.

3) Références

Non disponibles pour publication. Elles peuvent être obtenues directement chez le constructeur.

4) Conditions d'implantation

La formation du personnel technique est réalisée lors de la mise en service de l'installation. Les travaux sous garantie et d'entretien sont réalisés soit par le personnel de la firme soit par les représentants à l'étranger. Les pièces de rechanges sont livrées départ usine.

AMANDUS KALLI NACHRE

Tel. - 4000 2211 0
Fax - 4000 2211-100
Växel 013 45 44111

AMANDUS KALLI NACHRE
Industripark 7 Postfach 1330
D-5057 Reibek bei Hainburg
Republik der Föderale BR Deutschland

3) Procédé de fabrication

AMANDUS KALLI NACHRE propose une presse à granuler du type à matrice plate. Le débit de production varie selon les modèles de 150 à 1000 kg/h avec des matrices (cylindriques) d'une hauteur de 10 à 12 cm.

- La firme fournit les périphériques suivants :
- système de dosage et d'alimentation (vis ou bandes transportuses) pour tous les types de presse (de 1,2 à 9 kW).
 - séchoir et refroidisseur à bande de 300 à 25 000 kg/h.
 - convoyeurs à moteurs de 10 à 75 m.

L'expérience industrielle du constructeur concerne essentiellement la série de bûches (hauteur 9 - 12 cm) et les boues de coupe (hauteur 12 - 42 cm). Les bûches ont un diamètre de 2 à 20 mm au choix, leur longueur étant de 2 à 2,2 fois celle du diamètre.

3) Références

Non disponibles pour publication. Elles peuvent être obtenues directement chez le constructeur.

DESTEC I/S

1) Coordonnées

DESTEC I/S

c/o ABC Hansen A/S

Kirkegarde 1

P.O. Box 73

DK - 8900 Randers

Danemark

Tel: + 45 86 42 64 88

Fax: + 45 86 41 36 22

Telex : 65 126 refix dk

2) Procédé de densification

Cette firme propose deux types de presses, mobile ou fixe : à piston et à pelletiser. Celles-ci opèrent sans liants et un système de chauffage des particules est disponible en option. Les capacités horaires s'échelonnent de 0,175 à 2 tonnes. La force motrice nécessaire à la presse est de 37 kW.

Un système d'alimentation avec pré-compression de la matière première assure le fonctionnement continu des deux pistons de la presse.

Un ensemble de séchoirs, broyeurs et systèmes de conditionnement est proposé au catalogue DESTEC.

L'expérience de DESTEC en matières premières densifiables reprend l'ensemble des résidus ligno-cellulosiques*. Ceux-ci doivent être à une humidité comprise entre 5 et 17% et avoir des dimensions maximales de 20 x 20 x 3 mm.

Les produits densifiés sont de formes cylindriques, d'un diamètre compris entre 23 et 75 mm et d'une longueur de 10 à 300 mm. Leurs masses volumiques est de 900 à 1.200 kg/m³ suivant les matières premières.

3) Références

Afrique, Caraïbe, Pacifique: 20,

Asie: 10,

Amérique Latine: 0,

Europe de l'Est: 7,

Pays industrialisés: 75.

* bois, papier, résidus agricoles (pailles) et agro-industriels (noyaux palmistes, coques d'arachide, balles de riz,...), matières fibreuses (papyrus, herbe à éléphant, alfalfa).

4) Conditions d'implantation

DESTEC assure la formation de ses clients à l'usine et sur le site d'implantation. Cette formation reprend les procédures opérationnelles, la maintenance et l'identification des causes de pannes.

Les pièces détachées sont disponibles pendant un minimum de 10 ans après l'achat. La période de garantie s'étend sur 1 an ou pour un maximum de 2.000 heures de travail. Cette période ne comprend pas les pertes de matériels.

3) Procédé de densification

Cette unité propose deux types de presses, mobile et fixe, à piston et à pistons. Elles opèrent sans liaisons et un système de chargement des particules est disponible en option. Les capacités horaires s'échelonnent de 0,125 à 2 tonnes. La force motrice nécessaire à la presse est de 37 kW.

Un système d'alimentation avec pré-compression de la matière première assure le fonctionnement continu des deux pistons de la presse.

Un ensemble de séchoirs, proxys et systèmes de conditionnement est proposé au catalogue DESTEC.

L'expérience de DESTEC en matières premières déshydratées reprend l'ensemble des résidus ligno-cellulosiques. Ceux-ci doivent être à une humidité comprise entre 2 et 17% et avoir des dimensions maximales de 20 x 20 x 3 mm.

Les produits densifiés sont de formes cylindriques d'un diamètre compris entre 23 et 75 mm et d'une longueur de 10 à 300 mm. Leur teneur volumétrique est de 900 à 1 200 kg/m³ suivant les matières premières.

3) Références

Afrique, Europe, Pacifique 20

Asie 10

Amérique Latine 0

Europe de l'Est 1

Autres régions 10

HOLZMAG TRADING AG / LTD

1) Coordonnées

HOLZMAG TRADING AG/LTD

Frankfurtstrasse 36

Postfach

CH - 4023 Basel-Freilager

Suisse

Tel: +/41/61/3310966

Fax: +/41/61/3313454

Telex: 964639 hoag ch

2) Procédé de densification

La firme HOLZMAG propose des presses à piston hydraulique fixes ou mobiles dont les capacités horaires s'échelonnent de 180 à 1.800 kg. La puissance des moteurs varie de 7,5 à 37 kW. Ces presses densifient sans liants.

Plusieurs systèmes de silos, de vis de transport et de séchoirs sont disponibles. De même, HOLZMAG propose un système original de broyage (ROTOR) pouvant traiter de 6 à 14 m³/h de matières diverses ; la puissance installée varie de 15 à 37 kW.

Un système hydraulique de conditionnement en sacs est proposé. Celui-ci travaille simultanément avec 12, 16, 20 ou 24 sacs et son moteur a une puissance de 3 kW.

Le matériel a été éprouvé sur un grand nombre de résidus, ligno-cellulosiques ou autres. L'humidité des résidus ligno-cellulosiques doit être comprise entre 8 et 18% maximum. La granulométrie idéale est de 30 x 10 mm et de 80 x 30 mm pour le modèle Hydrospeed.

La forme des briquettes est octogonale pour l'Hydrospeed et cylindrique pour les autres modèles. La masse volumique est d'environ 1.000 kg/m³.

3) Références

Non disponibles pour publication. Elles peuvent être obtenues directement chez le constructeur.

4) Conditions d'implantation

La formation du personnel a lieu sur place lors de l'installation du matériel avec la matière première concernée.

Les agents de la firme fournissent les pièces et garantissent la maintenance. Les pièces détachées sont fournies pendant 5 ans à concurrence d'un maximum de 5% du prix de la machine. Les conditions de vente respectent les conditions des Commissions Européennes.

La firme HOLZMAG propose des presses à piston à diamètre fixe ou modèles dont les capacités horaires s'échelonnent de 180 à 1 800 kg. La puissance des moteurs varie de 7,2 à 37 kW. Ces presses fonctionnent sans liaisons.

Plusieurs systèmes de silos de vis de transport et de séchoirs sont disponibles. De même, HOLZMAG propose un système original de broyage (ROTOR) pouvant traiter de 5 à 14 m³/h de matières diverses ; la puissance installée varie de 15 à 37 kW. Un système hydraulique de conditionnement en sacs est proposé. Celui-ci travaille simultanément avec 12, 16, 20 ou 24 sacs et son moteur a une puissance de 7 kW.

Le matériel a été éprouvé sur un grand nombre de résidus ligno-cellulosiques ou autres. L'humidité des résidus ligno-cellulosiques doit être comprise entre 8 et 18% maximum. La granulométrie idéale est de 30 x 10 mm et de 80 x 30 mm pour le modèle Hydropeck.

La forme des bûchettes est octogonale pour l'Hydropeck et cylindrique pour les autres modèles. La masse volumique est d'environ 1 000 kg/m³.

3) Références

Non disponibles pour publication. Elles peuvent être obtenues directement chez le constructeur.

KRUPP INDUSTRIE-TECHNIK GMBH

1) Coordonnées

KRUPP INDUSTRIE-TECHNIK GmbH

Franz Schubert Strasse 1-3

D - 4100 Duisburg 14

République Fédérale d'Allemagne

Tel: +/49/20/65782894

Fax: +/49/20/65783510

Telex : 855 486-43 ki d

2) Procédé de densification

Cette société propose des presses fixes à un ou deux pistons. Ce procédé ne nécessite pas de liants et permet des productions horaires comprises entre 0,5 et 10 tonnes. L'énergie est fournie par un moteur électrique de 30 à 320 kW.

L'alimentation de la presse ainsi qu'une pré-compaction sont assurées par une vis verticale. Des séchoirs d'une capacité de 7 t/h d'eau évaporée, avec une puissance installée allant de 28 à 150 kW sont disponibles. De même, des broyeurs de 6 à 180 m³/h sont disponibles.

Un ensemble de résidus ont déjà été densifiés; ceux-ci doivent être à une humidité de 8 à 11 % et avoir des dimensions de l'ordre de 1 à 8 mm. Les briquettes obtenues sont rectangulaires : L = 100 à 240 mm ; l = 45 à 90 mm ; e = 20 à 65 mm, suivant le type de presse. La masse volumique est d'environ 800 à 1.200 kg/m³.

3) Références

Afrique, Caraïbes, Pacifique: 1,

Asie: 13,

Amérique Latine: 0,

Europe de l'Est: 2,

Pays industrialisés: 35.

4) Conditions d'implantation

La formation des utilisateurs est assurée sur le site d'implantation.

La garantie est de 1 an et la maintenance ainsi que la fourniture des pièces détachées sont assurées par les spécialistes de l'entreprise.

MAATSCHAPPIJ BRONNEBERG HELMOND B.V.

1) Coordonnées

MAATSCHAPPIJ BRONNEBERG HELMOND B.V.

Haagse Beemdeweg 15

PO Box 556

NL-5700 AN Helmond

Pays-Bas

Tel: +/31/4920-43445

Fax: +/31/4920-43045

Telex: 51070 broman nl

2) Procédé de densification

La presse proposée par MBH est du type piston hydraulique, avec contrôle électronique de la pression de résistance afin de produire des briquettes de qualité constante et de réduire l'usure.

La presse est fixe mais peut être rendue mobile très aisément. La capacité d'alimentation est de 4,5 m³/h, résultant en une production de briquettes de 400 à 450 kg/h. Les briquettes sont de forme parallélépipédique, d'épaisseur variable, largeur 200 mm, hauteur 120 mm. Leur densité est de 900 à 1.000 kg/m³. Pour obtenir des briquettes qualité "combustible" le constructeur recommande de ne pas dépasser une humidité de 15 % pour la matière première.

Le moteur électrique de la presse a une puissance de 37 kW. Une chambre de pré-compression peut être fournie avec l'unité. Les équipements périphériques (broyeur, séchoir, emballage) ne font pas partie du programme de fabrication de MBH, mais peuvent être fournis par la firme.

3) Références

Afrique, Caraïbes, Pacifique: 5,

Asie: 1,

Amérique Latine: 0,

Europe de l'Est: 1,

Pays industrialisés: 10.

4) Conditions d'implantation

SHIMADA EUROPE

MBH assure la formation du personnel si elle est requise, sur le site d'une installation existant en Europe ou lors de la mise en route par les spécialistes de la firme.

MBH fournit également les services de ses ingénieurs, un suivi technique ainsi que toutes les pièces de rechange.

SHIMADA EUROPE

Pyford, Wexham

Northamptonshire NN13 8SG

Royaume Uni

Tel : +44327180281

Télex : +44327180281

2) Principe de densification

SHIMADA propose une presse de type à vis et manivelle chauffant d'une capacité horaire de 150 à 650 kg. Celle-ci est fixe et nécessite une puissance installée de 12 à 45 kW. Les lignes ne sont pas utiles.

L'ensemble de la chaîne de densification est disponible : broyeur à manivelle, séchoirs à vis de manivelle, presses et systèmes de refroidissement.

Ce matériel est utilisé avec un grand nombre de matières ligno-cellulosiques. L'humidité doit être comprise entre 6 et 10% et la granulométrie de l'ordre de 6-8 mm.

Les pressures opérées sont de l'ordre de 25 à 35 MPa. Les cylindres sont parallélépipédiques d'un diamètre de 25 à 35 mm et d'une longueur de 25 cm. La masse volumique est d'environ 1 100 à 1 200 kg/m³.

3) Références

Afrique, Caraïbes, Pacifique, I.

Asie, I.

Amérique Latine, I.

Europe de l'Est, 2.

Pays industrialisés, 2.

4) Conditions d'implantation

La formation du personnel technique est assurée par des ingénieurs envoyés par SHIMADA sur le lieu d'implantation. Les travaux de formation de maintenance sont effectués par le personnel local.

SHIMADA EUROPE

1) Coordonnées

SHIMADA EUROPE

Pyrford, Wappenham

Northamptonshire NN12 8SG

Royaume Uni

Tel: +/44/327/860281

Telefax : +/44/327/860596

2) Procédé de densification

SHIMADA propose une presse de type à vis et manteau chauffant d'une capacité horaire de 150 à 650 kg. Celle-ci est fixe et nécessite une puissance installée de 15 à 45 kW. Les liants ne sont pas utiles.

L'ensemble de la chaîne de densification est disponible : broyeurs à marteau, séchoirs, vis de manutention, presses et systèmes de refroidissement.

Ce matériel est utilisé avec un grand nombre de matière ligno-cellulosiques. L'humidité doit être comprise entre 6 et 10% et la granulométrie de l'ordre de 6-8 mm.

Les briquettes obtenues sont de forme octogonale, cylindrique ou parallélépipédique, d'un diamètre de 55, 65 ou 75 mm et d'une longueur de 25 cm. La masse volumique est d'environ 1.100 à 1.200 kg/m³.

3) Références

Afrique, Caraïbes, Pacifique: 1,

Asie: 1,

Amérique Latine: 1,

Europe de l'Est: 2,

Pays industrialisés: 2.

4) Conditions d'implantation

La formation du personnel technique est assurée par des ingénieurs envoyés par SHIMADA sur le lieu d'implantation. De même, des formations de maintenance sont envisageables.

SPANEX BHSU

1) Coordonnées

SPANEX BHSU Luft und
Umwelttechnik GmbH & Co.KG
Otto Brenner Strasse 6
D - 3418 Uslar 1
République Fédérale d'Allemagne

Tel: +/49/55 71 304 - 0
Fax: +/49/55 71 304 - 1 11
Telex : 965 710

2) Procédé de densification

La firme SPANEX propose des presses hydrauliques à piston ne nécessitant pas d'adjonction de liants pour densifier les résidus ligno-cellulosiques. Leur capacité horaire s'échelonne de 50 à 350 kg. Ces presses sont fixes et la puissance installée varie de 5,5 à 15 kW.

Les équipements périphériques sont disponibles : silo avec vis d'extraction, séchoir et broyeur de 1.200 à 2.000 kg/h (moteur de 7,5 à 37 kW).

Un ensemble de résidus ligno-cellulosiques peuvent être densifiés par ce matériel. L'humidité de la matière première doit être comprise entre 0 et 20% et la granulométrie ne doit pas dépasser 18 mm.

Les briquettes obtenues sont octogonales et ont des dimensions de 130 x 70 mm pour une longueur variable.

3) Références

Afrique, Caraïbes, Pacifique: 0,
Asie: 6,
Amérique Latine: 0,
Europe de l'Est: 1,
Pays industrialisés: 200.

4) Conditions d'implantation

Le personnel est entraîné pendant l'installation des équipements et la garantie s'étend sur 6 mois pour le travail en une équipe et de 3 mois pour le travail à plusieurs équipes. Les pièces détachées et le travail de maintenance sont disponibles sur demande du client.

La firme SPANEX propose des presses hydrauliques à piston ne nécessitant pas l'adjonction de joints pour densifier les résidus ligno-cellulosiques. Leur capacité horaire d'évaluation de 50 à 800 kg. Ces presses sont fixes et la puissance installée varie de 2,5 à 15 kW.

Les équipements périphériques sont disponibles. Site avec vis d'extraction, séchoir et broyeur de 1.200 à 2.000 kg/h (moteur de 7,5 à 27 kW).

L'ensemble de résidus ligno-cellulosiques peuvent être densifiés par ce matériel. L'humidité de la matière première doit être comprise entre 0 et 20% et la granulométrie ne doit pas dépasser 18 mm.

Les briquettes obtenues sont orthogonales et ont des dimensions de 130 x 70 mm pour une longueur variable.

3) Références

Afrique, Caraïbes, Pacifique, O.
Asie, O.
Amérique Latine, O.
Europe de l'Est, O.
Pays industrialisés, 200.

BIBLIOGRAPHIE

- An International Workshop on Biomass Fuel Briquetting in Developing Countries (Proceedings); Khartoum, 23-26 October, 1988
- The briquetting of agricultural wastes for fuel; F.A.O. Environment and Energy Paper, pp:11,
- Field survey of biomass compaction equipment ; Overseas Development Natural Resources Institute (O.D.N.R.I.), 1987,
- Biomass Densification Research Project Phase one Volume A, Conclusion, recommendations and executive summary ; Universiteit Twente, 1990.
- LEQUEUX P. et al. (1990). Energie et biomasse La densification. Publié pour la Commission des Communautés Européennes par les Presses Agronomiques de Gembloux;Belgique; 188 p.

L'objectif de ce guide est d'aider les entrepreneurs des pays ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique) à mettre sur pied un projet de densification industrielle de la biomasse (résidus agricoles, agro-industriels et forestiers). Il détaille, de manière concrète et accessible, tous les facteurs déterminant la réussite de ce type d'entreprise: les matières premières, les techniques de fabrication, les marchés, la commercialisation, etc. Il illustre à chaque fois son propos d'exemples précis tirés de l'expérience pratique acquise dans ce domaine par de nombreux entrepreneurs dans les pays en voie de développement.

Les promoteurs intéressés par cette activité pourront, grâce à un questionnaire détaillé, procéder à une première évaluation de la faisabilité potentielle d'un tel projet. Ils trouveront également dans ce guide une liste de constructeurs de matériel réputés pour leur service et leur savoir-faire.