CONGOLAISE INDUSTRIELLE DES BOIS

ANALYSE DE PREFAISABILITE POUR LA COGENERATION D'ENERGIE A PARTIR DES DECHETS DE SCIERIES DE LA CIB

Philippe GIRARD – Novembre 99

FORET
RESSOURCES
MANAGEMENT

CIRAD

CIRAD-Forêt

CONGOLAISE INDUSTRIELLE DES BOIS

ANALYSE DE PREFAISABILITE POUR LA COGENERATION D'ENERGIE A PARTIR DES DECHETS DE SCIERIES DE LA CIB

Philippe GIRARD – Novembre 99

SOMMAIRE

SOMMAIRE **1**

Nota BENE **3**

1 - Présentation générale **4**
1.1. - La scierie de Pokola 5
1.2. - La scierie de Kabo 5

2 – La disponibilite en dechets **6**
2.1 – Description et caractérisation des déchets 6
2.2 - Les volumes disponibles 10

3 - Les besoins énergétiques des sciErles **11**
3.1 - Besoins thermiques pour le séchage 11
3.2 - Besoins électriques des sites de Pokola et Kabo 13
3.2.1 - Estimation des besoins actuels de Pokola 13
3.2.2 - Estimation des besoins actuels de Kabo 15
3.3 - Estimation des besoins futurs du site de Pokola 15
3.3.1 – Estimation des besoins énergétiques des séchoirs 17
3.3.2 – Estimation des besoins électriques seconde transformation 17
3.3.3 – Besoins électriques pour l'électrification rurale 17

4 – Etat de l'art et technologies disponibles pour la production d'énergie à partir des déchets de bois **19**

5 – Faisabilité de l'autoproduction d'énergie à Pokola **24**
5.1 – Dimensionnement de l'installation 24
5.2 – Principe et conception de l'unité retenue 26
5.2.1 – Option turbine à vapeur 26
5.2.2 – La production de force motrice par des moteurs à vapeur 27
5.2.3 – Couplage moteur à vapeur/moteur diesel 28
5.3 – Evaluation des coûts unitaires et des unités d'œuvre 30
5.3.1 – Nombre de jours de travail 30
5.3.2 – Evaluation des niveaux de production 31
5.3.3 – Besoins en personnel 32
5.3.4 – Coût unitaire de base 33
5.3.5 – Coût unitaire des consommables 34
5.4 – Coûts des matériels et équipements 34
5.4.1 – Ensemble de cogénération 34
5.4.2 – Ensemble séchoirs 35
5.4.3 – Matériel roulant 35
5.5 – Autres coûts 35
5.5.1 - Maintenance 35
5.5.2 – Combustible 36
5.5.3 – Carburant groupe diesel 36

5.5.4 – Frais généraux et divers 36
5.5.4 – Manutention séchoir 36
5.6 – Données retenues pour l'analyse économique et financière 37
5.6.1 – Critère d'évaluation 37
5.6.2 – Durée de vie des équipements 37
5.6.3 – Revenus du projet 37
5.7 – Résultats de l'analyse économique 38
5.8 – Analyse de sensibilité 41
5.9 - Autres bénéfices du projet 44
5.9.1 - Aspects sociaux 44
5.9.2 - Aspects environnementaux 44
5.9.3 – Impact sur l'exploitation forestière 45

NOTA BENE

Humidité des bois

Dans le présent document les humidités sont exprimées sur brut c'est à dire :

$$\frac{\text{Masse d'eau}}{\text{Masse totale bois brut}} \times 100$$

Alors que dans les industries du bois, l'humidité est souvent exprimée sur sec c'est à dire :

$$\frac{\text{Masse d'eau}}{\text{Masse de bois anhyre}} \times 100$$

Ainsi une humidité sur brut de 50% correspond à une humidité sur sec de 100%.

1 - PRESENTATION GENERALE

La société d'exploitation forestière industrielle Congolaise Industrielle des Bois (CIB) est implantée au nord de la République Populaire du Congo près de OUESSO (BP 41) depuis plusieurs décennies. Elle gère aujourd'hui trois unités Forestières d'Aménagement (UFA), Pokola, Kabo et Loundoungou d'une superficie totale de 1 150 000 hectares (voir carte). L'autorisation de coupe annuelle est de 250 000 m^3 par an.

CIB s'est engagée à transformer sur place plus de 60% de sa production et pour cela exploite deux scieries à Pokola et Kabo représentant en valeur actuelle un investissement de 10 milliards de FCFA permettant de scier sur deux équipes, 150 000 m^3 de grumes par an.

La scierie de Pokola transforme 100 000 m^3 de grumes, la scierie de Kabo plus modeste transforme 50 000 m^3 de grumes par an.

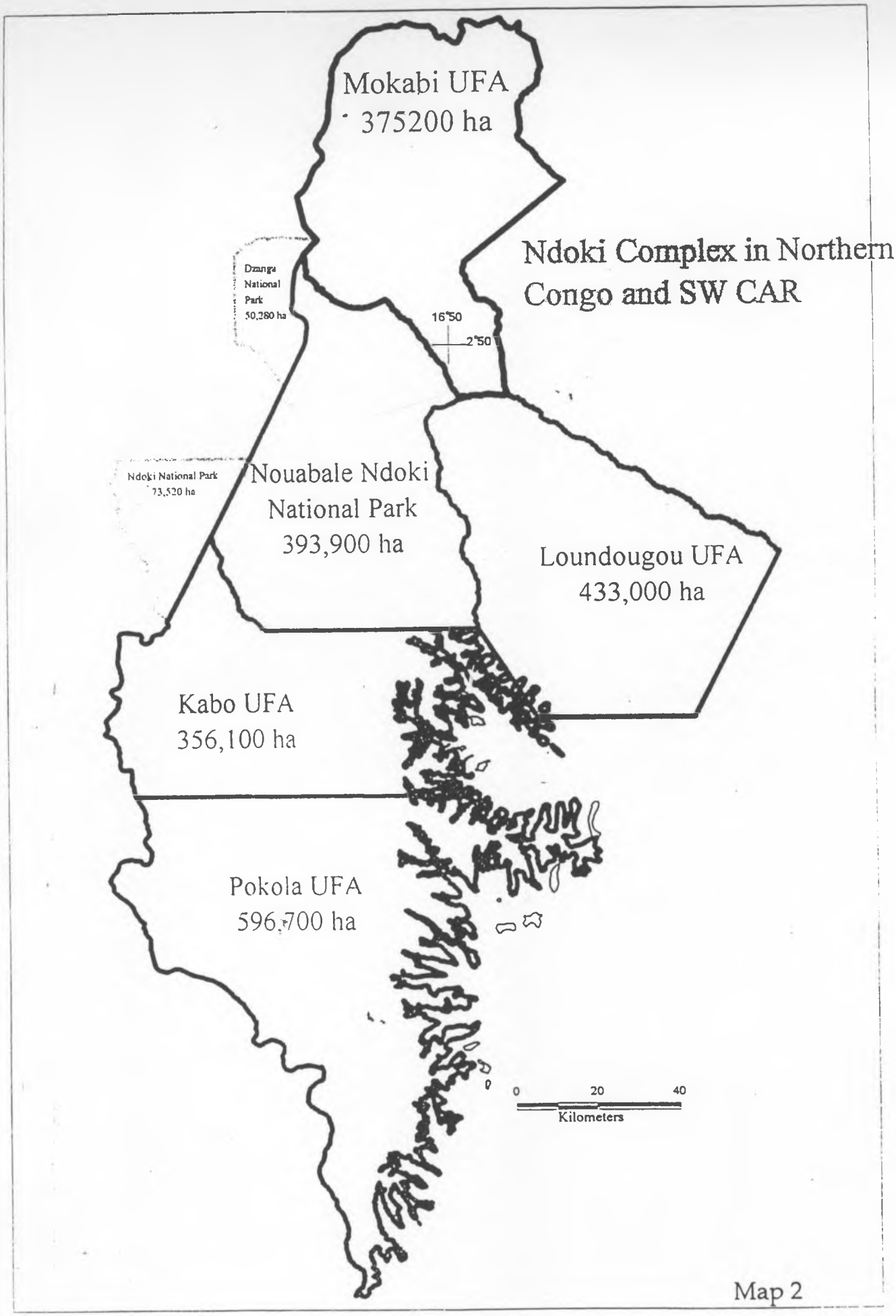
Les chiffres de production 1998 et de prévisionnel 1999 sont les suivants :

- 136 000 m^3 en 98 et 150 000 m^3 en 99 de grumes sciées,
- 107 000 m^3 en 98 et 100 000 m^3 en 99 de grumes exportées.

La CIB dispose de deux sites industriels pour assurer sa production de sciage. Ce sont :

POKOLA : situé sur la rivière Sangha à 45 km en aval de Ouesso, sur la rive gauche. Cette implantation est accessible par voire d'eau à partir de Brazzaville de 7 à 8 mois par an (mai à janvier). Sur ce site sont implantés :

- toute l'administration CIB contrôlant tous les autres sites,
- le garage central qui assure l'entretien, la réparation, le reconditionnement de tout le matériel de la CIB,
- le magasin général qui approvisionne et gère tous les stocks de pièces détachées, lubrifiant, carburant de la CIB,
- une scierie industrielle transformant 100 000 m^3 de grumes,
- un atelier d'électro-mécanique,
- une base navale avec chantier naval et sliep way assurant la maintenance de toute la flotte CIB,
- un atelier de mécanique générale,
- une centrale de production d'électricité d'une capacité installée totale de 2700 KVA,
- une piste d'aviation de 2 000 mètres, un hangar d'avion, un avion de JetAl,
- une station carburant avec un stockage de 1 500 000 litres,
- un parc à grumes traitant entre grumes export et grumes scierie, un volume annuel de 200 000 m^3,
- une base vie avec 40 cases pour cadres Expatriés et Congolais et 500 maisons pour les ouvriers,
- une école et un collège,


Mokabi UFA
375200 ha
Ndoki Complex in Northern Congo and SW CAR
Dzanga National Park 50,280 ha
16°50
2°50
Ndoki National Park 73,520 ha
Nouabale Ndoki National Park
393,900 ha
Loundougou UFA
433,000 ha
Kabo UFA
356,100 ha
Pokola UFA
596,700 ha
0
20
40
Kilometers

Map 2

- un hôpital avec salle d'opération et salle d'accouchement.

KABO : Situé sur la rivière Haute Sangha (frontière avec le Cameroun) à 60 km en amont de OUESSO, le site comprend :

- une scierie pouvant transformer 50 000 m^3 par an,
- une base vie avec 10 cases pour cadres Expatriés et Congolais et 150 maisons pour les ouvriers,
- une école,
- une infirmerie,
- un atelier électro-mécanique.

1.1. - La scierie de Pokola

La scierie classique comporte une scie de tête SECEM (1800) suivie d'une scie de reprise de même marque munie d'un volant de 1600, et de deux dédoubleurs de 1400 avec leurs déligneuses. L'unité est équipée d'une ligne de triage automatique. La capacité installée est de 1 000 à 1 200 m^3 sciage par mois et par poste. Elle fonctionne actuellement à environ 2 000 m^3/ mois sur deux postes de 10 h. Cette unité est quasiment exclusivement dévolue au sciage de Sapelli. Deux lignes de CD viennent compléter le dispositif. Elles sont utilisées plus spécifiquement aux autres essences sciées disponibles, Bosse, Wengue. Les deux CD ont une capacité de production actuelle d'environ 450 m^3 sciage/mois sur deux postes.

La production sciage 98 ainsi que la disponibilité en déchets est donnée dans le tableau 1. La production de l'ensemble du site de Pokola est assurée par l'intermédiaire de groupe diesel pour une capacité installée totale d'environ 4000 KVA.

Schématiquement, un groupe de 1 250 KVA assure la fourniture d'électricité 10h par jour de 5h30 à 14h30, un groupe de 450 KVA assure les besoins du site hors de la période de travail des ateliers et de la scierie et pendant le week-end, et deux groupes de 1000 et 450 KVA respectivement assurent la production du poste de nuit pendant 10 h de 17 h à 3h. Le groupe de 1 000 KVA qui présente quelques signes de faiblesses devrait être remplacé par un 1 250 KVA.

1.2. - La scierie de Kabo

De beaucoup plus faible capacité et beaucoup moins bien conçue que la scierie de Pokola, l'unité de Kabo est constituée d'une scie de tête de 180 suivie de deux déligneuses dont une en cours d'installation lors de notre passage (février 1999) puis deux dédoubleurs. L'absence de retour entre ces différents éléments et le positionnement des dédoubleurs après le délignage dans un ensemble très compact en font une unité assez mal conçue bien que produisant un sciage de bonne qualité.

La capacité actuelle de la scierie sur deux postes est de 900 à 1 000 m^3 sciage.

Tableau 1 : Production sciages 98 et disponibilité théorique en déchets sur le site de POKOLA

	Janvier	Fevrier	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	sept,	octobre	novemb,	décemb,	TOTAL
Jours	25	23	26	25	24	24	27	25	26	27	25	26	303
Production Exp (m3)	1821	2147	2316	2254	1826	2024	2143	2281	2283	2325	2181	2031	25632
Production Loc (m3)	309	340	408	188	203	354	362	389	430	432	74	310	3799
Total (m3)	2130	2487	2724	2442	2029	2378	2505	2670	2713	2757	2255	2341	29431
Conso grumes (m3)	8376	8734	9282	8800	7474	8136	9442	9611	9631	9259	8125	7944	104814
Rdt (%)	25,43%	28,47%	29,35%	27,75%	27,15%	29,23%	26,53%	27,78%	28,17%	29,78%	27,75%	29,47%	28,08%
Déchets théorie (m3)	6246	6247	6558	6358	5445	5758	6937	6941	6918	6502	5870	5603	75383
Déchets théorie (t)	5934	5935	6230	6040	5173	5470	6590	6594	6572	6177	5577	5323	71614
heure sciage	450	414	468	450	432	432	486	450	468	486	450	468	5454
Heure total	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8760

Deux lignes de CD sont en cours d'installation sur le site qui devrait porter la production mensuelle de l'unité de Kabo (y compris le gain dû à l'ajout de la déligneuse sur la ligne principale) à environ 1 500 m^3 sciages sur deux postes. La production 98 est donnée dans le tableau 2.

La fourniture électrique est assurée par une centrale électrique au diesel équipée de 3 moteurs pour une capacité totale installée de 1360 KVA. Un moteur de 480 KVA assure la production pendant 20 h/jour, un groupe de 180 KVA satisfait les besoins hors période de fonctionnement de la scierie et les week-end. L'installation de la nouvelle déligneuse et des deux lignes de CD devrait porter les besoins de puissance à environ 700 KVA. Un deuxième groupe de 700 KVA devrait du reste être mis en place prochainement.

2 – LA DISPONIBILITE EN DECHETS

2.1 – Description et caractérisation des déchets

Les déchets disponibles sur les sites de Pokola et de Kabo sont de quatre types :

Les sciures dont l'homogénéïté de granulométrie est un atout important au niveau de son transport et de son utilisation. Il s'agit d'un déchet inévitable. La production de sciures dans une scierie dépend pour beaucoup du type de débits qu'elle réalise. Ces débits sont généralement définis d'après les demandes du marché, la nature des bois et surtout leur qualité qui nécessitent un plus ou moins grand nombre de traits de scie. Plus spécifiquement dans le cas de la CIB , les pertes au sciage dues au passage des lames de scies peuvent être estimées comme suit :

- Les scies à ruban ont un passage de 3 à 5 mm (3 pour les rubans de 140 et 5 pour les rubans de 180), soit un passage moyen de 4 mm. Pour scier une planche de 25 mm en épaisseur, la perte due à la scie est de 4 mm sur 25 mm soit 16%. Pour une planche de 50 mm : 4 mm sur 50 mm soit 8 %. Pour une planche de 75 mm : 5,3%.
  Cela fait une moyenne de 10%.

- Pour déligner en largeur, il y a en général 1 ou 2 cotes soit 1,5 en moyenne. Les lames de déligneuse font un passage moyen de 10,5 mm (7 mm x 1,5) soit sur une largeur moyenne de 230 mm : 4,6 %.

  Cela fait un total de pertes sous forme de sciures dues au passage des lames de 15%, pertes totalement incompressibles, auquel il convient d'ajouter environ 1% en provenance de l'éboutage.

L'humidité des sciures est élevée, elle est en effet peu différente de celles des grumes dont elle provient :

Les chutes de bois massifs. Elles sont constitués des dosses délignures et chutes de l'éboutage. La longueur des dosses et délignures est fonction du tronçonnage des grumes sur parc. Le plus généralement les dosses ont une longueur voisine de 6 m.

Tableau 2 : Production sciages 98 et disponibilité théorique en déchets sur le site de KABO

	Janvier	Fevrier	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	septem,	octobre	novem,	décem,	TOTAL
Jours	25	23	26	21	0	24	27	25	15	10	25	26	247
Production Exp (m3)	840	914	792	605	0	177	809	907	487	392	1191	902	8016
Production Loc (m3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (m3)	840	914	792	605	0	177	809	907	487	392	1191	902	8016
Conso grumes (m3)	2897	3037	2995	2532	0	697	3557	3830	2191	1626	4714	3900	31976
Rdt (%)	29,00%	30,10%	26,44%	23,89%		25,39%	22,74%	23,68%	22,23%	24,11%	25,27%	23,13%	25,07%
Déchets théorie (m3)	2057	2123	2203	1927	0	520	2748	2923	1704	1234	3523	2998	23960
Déchets théorie (t)	1954	2017	2093	1831	0	494	2611	2777	1619	1172	3347	2848	22762
heures sciage	450	414	468	378	0	432	486	450	270	180	450	468	4446
Heures total	744	672	744	720		720	744	744	720	744	720	744	8016

Elles sont caractérisées par une forme en demi-lune et une conformation très variable suivant la rectitude et la cônicité du fût. Avec les bois tropicaux présentant un aubier important, certaines dosses peuvent peser plus de 100 kg. Quand l'aubier est de 5 cm sur le rayon et que le diamètre moyen des billes entrées en scierie est de 100 cm, le volume perdu pour les qualités sciées pour l'exportation n'acceptant pas d'aubier est de 20%.

Quand l'aubier est de 4 cm sur le rayon et que le diamètre moyen des billes entrées en scierie est de 100 cm, le volume perdu est de 15,5%.

Les délignures, de longueurs inférieures ou égales à celles des dosses, n'ont pas de section bien définie et comportent généralement un bord arrondi. A l'origine, l'humidité des dosses est peu différente de celle des grumes dont elles proviennent. Il n'en est pas de même des délignures qui peuvent être produites à partir de plateaux ressuyés ou d'avivés sortie séchoir. Dans le cas de la CIB, dosses et délignures ont une humidité élevée équivalente à celle des grumes.

L'utilisation directe, en chaudière, sans conditionnement préalable des dosses et délignures est rarement observée dans la pratique (sauf sur les systèmes d'alimentation manuel), dans la mesure où leur manutention et leur introduction dans le foyer de la chaudière est problématique. De plus, le chargement de grosses pièces de bois dans le foyer, correspond à un système d'alimentation discontinue (ajout de grosses masses de bois par cycle) qui occasionne des envols de cendres (fumées noires) et surtout un fonctionnement discontinu de la chaudière peu compatible avec la production d'électricité.

Un passage préalable dans un broyeur est donc recommandé même si ce dernier est gros consommateur d'électricité et de puissance. Dans le cas de la CIB, le volume de dosses et délignures plus aubier peut être estimé à 25% du volume grume.

Les chutes d'éboutage proviennent quant à elles du tronçonnage des sciages préalablement avivés. Elles ont donc pour épaisseur et largeur, celles des avivés dont elles sont tirées à savoir une épaisseur courante comprise entre 25 et 75 mm et une largeur de + de 250 mm. Leur longueur dépend de la nature du défaut à éliminer et la longueur commerciale recherchée. Quand les débités sont en longueurs fixes, les pertes au tronçonnage sont considérables. Mais pour des longueurs standard, il faut compter environ 10 cm de chaque bout de la grume par rapport à la longueur de la planche pour éviter les fentes. Cela représente pour des longueurs moyennes de planches de 3 m, 6,6% de perte. A ces pertes viennent s'ajouter les pertes dues aux noeuds extérieurs ou à la pourriture qui obligent à tronçonner certaines planches plus courtes que la longueur de la grume initiale entraînant environ 6% de pertes supplémentaires soit un volume total de pertes de près de 13%. Le volume est très variable en fonction de la qualité des grumes. Les chutes peuvent être utilisées directement en chaudière.

Défauts de cœur au sciage : Les cœurs des bois et en particulier des bois rouges présentent des fentes qui entraînent des pertes importantes. Il faut considérer que le volume perdu varie selon les diamètres des grumes. Pour un diamètre de 100 moyen, il faut compter des fentes jusqu'à 15 cm du centre en moyenne, soit un

volume perdu de 10%. Ces déchets sont assimilés aux dosses et délignures car présentent les mêmes caractéristiques en terme de conformation.

Chutes de tronçonnage de grumes avant sciages : Ces pertes sont fonction, là encore, de la qualité des grumes et des longueurs des débités. Il s'agit de rondelles de 10 à 20 cm d'épaisseur difficile à valoriser pour la production d'électricité car elles nécessitent un refendage avant leur passage au broyeur. La meilleure valorisation envisageable reste la production de charbon de bois. Le volume représente environ 5% dans le cas de la CIB.

L'objectif prioritaire des scieries qui consiste à optimiser le rendement matière, conduit à donner à l'ensemble de ces sous-produits des dimensions aussi faibles que possibles. Cependant les exigences du marché export en terme de qualité et la faiblesse du marché local conduit les entreprises à éliminer de nombreuses pièces de bois présentant un faible défaut ou à ne pas optimiser la découpe des dosses.

La mise en place d'une unité de deuxième transformation est une des solutions qui permet d'augmenter les rendements de transformation. Malheureusement cette solution est loin d'être universelle. Elle doit s'étudier au cas par cas en fonction des marchés, des possibilités d'écoulement, ... Toutefois, si la mise en place d'une capacité de séchage devait se confirmer à la CIB cette option devrait être étudiée avec soin. Elle peut être, en effet, de nature à améliorer la profitabilité de l'entreprise. De même une réflexion est à entreprendre au niveau des scieries afin d'améliorer leur fonctionnement (Kabo) et la qualité des sciages qui est perfectible (notamment vis à vis de ce qui a pu être observé à Pokola pendant notre séjour, il est vrai très court). Cette qualité moyenne des sciages entraîne des surcôtes qui pourraient peut-être être réduites sensiblement. Cette remarque est à considérer dans le cadre d'une approche globale d'optimisation qui devra être menée en parallèle de la mise en place de cellules de séchage.

La construction du séchoir à la CIB et la mise en place d'une petite unité de seconde transformation auraient deux conséquences au niveau de la disponibilité en déchets :

- une diminution du volume de déchets massifs disponibles qui pourraient résulter de la récupération d'une partie de la matière première,
- une amélioration de la qualité des déchets (pouvoir calorifique accru du fait du séchage) par la mise à disposition de déchets (sciures et chutes) secs.

On peut raisonnablement considérer que ces deux impacts devraient s'annuler et il n'y a pas lieu d'envisager de scénarios particuliers vis à vis de la disponibilité en déchets.

La disponibilité réelle en déchets à considérer pour la production combinée d'électricité et de chaleur sera donc constituée de :

- sciures	16% volume grume
- dosses, délignures, aubier	25% volume grume
- chutes d'ébouchage	13% volume grume
- défauts de coeur	10% volume grume
Total disponible :	**64% volume grume**

En considérant le rendement sciage de la CIB qui est de 28% pour Pokola et 25% pour Kabo en 1998, les volumes de déchets supposés disponibles devraient s'établir respectivement à 72 et 75%. En fait la différence entre notre estimation du volume réellement utilisable et l'estimation approximative établie à partir du rendement sciage tient essentiellement à la surcôte que les scieurs sont obligés de consentir et qui leur est imposée (pour l'essentiel) par les contraintes du marché international.

En effet, les surcôtes de sciage usuelles sur le marché du débité et conformes aux règles ATIBT entraînent une baisse sur le rendement :

- Pour des planches de 25 mm d'épaisseur, largeur moyenne de 230 mm :

- surcôte en épaisseur de 2mm =8%
- surcôte en largeur de 10 mm soit sur une largeur moyenne de 23 cm = 4,5%
- surcôte en longueur de 5 cm pour des planches de longueur moyenne de 3 m = 1,7%

soit un total de 14,2 %

- Pour des planches de 50 mm d'épaisseur :

- surcôte en épaisseur de 3 mm = 6%
- surcôte en largeur = 4,5%
- surcôte en longueur = 1,7%

soit un total de 12,2%

- Pour des planches de 75 mm d'épaisseur, largeur moyenne de 230 mm :

- surcôte en épaisseur de 4 mm = 5,3%
- surcôte en largeur = 4,5%
- surcôte en longueur = 1,7%

soit un total de 11,5 %

Nous voyons donc en moyenne une surcôte de 12% entre les débités de 25 à 75 mm qui sont les plus fréquents. Les rendements sciage export c'est à dire du bois réellement exporté est alors de 31% pour Pokola et 28% pour Kabo. La mise en place de séchoir et d'une unité de rabotage pourraient permettre de récupérer, sous forme de copeaux secs, une partie de ce bois pour la production d'énergie au moins de la fraction transformée sur place. Le volume n'est pas appréciable aujourd'hui.

Pour ce qui concerne Kabo, la conception de la scierie entraîne probablement une production de chutes d'éboutage plus importante que celle que nous avons retenu précédemment, probablement plus près de 15% portant ainsi le volume de déchets disponibles sur Kabo à environ 66%.

2.2 - Les volumes disponibles

Les volumes de déchets disponibles pour la production d'énergie sont résumés dans le tableau 3

	Scierie de Pokola	Scierie de Kabo
Volume grume entrée scierie (m^3)	115 000	40 000
Volume sciure (m^3 équivalent grumes)	17 600	6 400
Volume dosses (m^3 équivalent grumes)	27 500	10 000
Volume éboutage (m^3 équivalent grumes)	14 300	6 000
Défauts (m^3 équivalent grumes)	11 000	4 000
Total m^3 équivalent grumes)	70 400	26 400
Total (tonnes)	**67 000**	**25 000**

Tableau 3 : Disponibilité réelle en déchets sur les sites de Pokola et Kabo

Nous avons considéré dans le cas présent, que l'humidité de l'ensemble des déchets était la même que celle des grumes entre scieries soit 40 à 45% sur brut.

Le pouvoir calorifique inférieur du Sapelli est de 17 600 kJ/kg anhydre, ramené à l'unité de masse humide 40% sur brut, le PCI peut être considéré comme constant et égal à 10 000 KJ/kg de bois brut.

Actuellement ces déchets sont :

- brûlés en feu ouvert pour la totalité des sciures et des dosses délignures avec des problèmes de risques d'incendie en saison sèche, d'accumulation notamment des sciures en saison des pluies, de manutention pour gérer convenablement les tas pour une bonne élimination.

- transformés en charbon de bois de façon artisanale (meule) pour la quasi-totalité des chutes d'éboutage et de tronçonnage. Les bois sont donnés gratuitement à des charbonniers qui écoulent leurs produits sur Pokola, Ouesso et surtout Brazzaville où les prix ont atteint des niveaux très élevés du fait des conflits. Aucun contrat écrit ou verbal ne lie la CIB avec les charbonniers. La CIB est donc libre d'utiliser ses déchets pour son propre compte. Les chutes de tronçonnage difficiles à utiliser pour la cogénération pourraient toujours servir à la production de charbon de bois et donc maintenir une activité minimum de charbon de bois. Le volume disponible pour la production de charbon serait alors d'environ 5 000 m^3 grumes en cas de mise en place de l'unité de cogénération.

La mise en place d'une unité de séchage devrait permettre d'exploiter de nouvelles essences et donc probablement d'augmenter légèrement la capacité de production et donc le volume de déchets.

3 - LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES DES SCIERIES

Les besoins énergétiques d'unité du type CIB sont de deux ordres :

- électriques pour actionner les moteurs
- thermiques pour le séchage

Ces besoins peuvent varier dans d'assez fortes proportions en fonction de l'essence utilisée, des équipements disponibles ainsi que de leur maintenance et surtout de leur mise en oeuvre.

3.1 - Besoins thermiques pour le séchage

Si le séchage du bois reste une nécessité absolue avant toute mise en œuvre, il constitue aujourd'hui un préalable de plus en plus inévitable à la commercialisation des sciages tropicaux.

Cette opération clé dans la transformation du bois permet en effet de garantir les impératifs suivants quant à une utilisation rationnelle du bois massif conditionné en débits ou en placages :

- avec une humidité inférieure à 25% le bois est inattaquable par les insectes de bois vert, les champignons de pourriture ou de décoloration ;
- les caractéristiques mécaniques du matériau bois variant avec son humidité, celles-ci sont d'autant plus élevées que le bois est sec ;
- le bois subissant des variations dimensionnelles (retrait au séchage et gonflement lors de réhumidification) toutes les fabrications qui en découlent ne doivent être mises en œuvre qu'à des humidités correspondantes aux humidités d'équilibre des essences dans leurs conditions d'utilisation ;
- l'usinage est généralement de bien meilleure qualité lorsqu'il est réalisé sur bois sec ;
- la généralisation des techniques d'assemblage par collage et de finition nécessite des humidités résiduelles de pièces inférieures à 15% ;
- enfin cette opération permettrait une économie substantielle au niveau du transport. En effet la nouvelle réglementation en vigueur au Cameroun a fortement réduit la charge à l'essieu. Ainsi, la PTAC est aujourd'hui limitée à 39 tonnes.

L'opération de séchage a ainsi pour but d'éliminer l'eau du bois humide par évaporation de cette eau. Le principe du procédé associe un transfert de chaleur (énergie) couplé à un transfert de masse (eau) en apportant de la chaleur aux matériaux humides principalement par convection. Le gaz vecteur d'élimination de la vapeur d'eau extraite du bois est en général de l'air.

Le séchage n'est en général pas isenthalpique, c'est à dire que l'énergie totale apportée au matériau humide (chaleur sensible) doit être supérieure à l'énergie de vaporisation de l'eau à éliminer (chaleur latente). On définit alors un rendement thermique ou global du séchage exprimant la quantité d'énergie utile à la

vaporisation de l'eau à éliminer ramenée à la quantité de chaleur ou d'énergie totale à fournir au procédé mis en œuvre . Une équivalence est utilisée couramment dans la pratique au travers de la consommation spécifique exprimant la quantité d'énergie totale (thermique et ventilation) ou uniquement thermique qu'il faut fournir pour éliminer, en moyenne sur un cycle de séchage, un kg d'eau du bois.

L'optimisation du séchage consiste alors, en plus de critères de temps et de qualité finale des produits séchés, à réduire le coût énergétique de l'opération en maximisant les rendements thermique et global des installations. Les techniques mises en œuvre ont ainsi pour but de limiter toutes les pertes, principalement thermiques par : une isolation et une étanchéité à la vapeur d'eau, la maîtrise du renouvellement d'air, une puissance installée adaptée aux besoins énergétiques, une configuration et un remplissage optimal des séchoirs, enfin des outils fiables et précis de contrôle-commande du procédé en fonction des conditions optimales de traitement de l'essence ou du groupe d'essences considérées et de l'évolution de l'humidité du bois dans le temps.

Les techniques de séchage mises en œuvre pour le bois massif et disposant d'une maturité technologique éprouvée sur plusieurs années ou décennies sont de trois grands types : séchoirs à air chaud climatisé, avec ou sans déshumidification par pompes à chaleur, séchoirs à haute température (au-delà de 100°C) à vapeur surchauffée et séchoirs sous vide. Les séchoirs par air chaud climatisé sont appliqués avec succès aux essences feuillues tropicales et faciles à maîtriser. Ils utilisent l'air comme vecteur séchant dont la température sèche et, soit la température humide, soit l'humidité relative ou encore plus généralement l'humidité d'équilibre du bois correspondante, sont régulés en continu dans des cellules ou tunnels paralellépipédiques. Ils sont très polyvalents vis à vis des essences, des épaisseurs et des humidités à traiter, avec des capacités de séchage très variables (de quelques m^3 à plusieurs centaines de m^3) et un large éventail de possibilités pour la génération de chaleur (chaudière à eau, vapeur : brûleur direct ou indirect ; pompe à chaleur) et donc de combustibles à mobiliser (déchets de bois, fuel-oil, gaz, électricité). Leur ancienneté leur a fait bénéficier de nombreux progrès en matière de conception, de régulation et de conduite adaptée à de nombreuses essences (tables de séchage).

Les puissances installées de chaudière ou de brûleur direct sont de l'ordre de 2,5 à 10 kWh par m^3 de capacité utile pour le séchage des feuillus et des résineux, pour des puissances de ventilation comprises entre 0,15 à 0,3 kW/m^3. Les consommations spécifiques relevées sur site sont très variables, de 0,6 à 2,5 kW_{th} par kg d'eau éliminée, suivant des durées de cycle de quelques semaines en fonction des essences, des épaisseurs et des humidités initiale et finale à traiter.

Nous avons reporté en annexe 1 quelques tables de séchage pour quelques essences exploitables au Congo. Le séchage d'essences comme l'Ayous et le Limba, qualifié de « rapide » à « normal » est conduit à des températures évoluant par palier entre 60 et 80°C. Le séchage d'essences comme le Sapelli qualifié de « normal à lent », est conduit à des températures évoluant par palier entre 45 et 70°C. De manière systématique, les avivés débités sur dosse et faux quartier sèchent plus rapidement que les avivés orientés sur quartier. Toutefois quelque soit l'orientation du débit, la vitesse de séchage diminue progressivement au fur et à

mesure que l'humidité moyenne du débit décroît. Cette tendance traduit l'effet limitant des couches externes du débit rapidement séchées sur les transferts d'eau ; un effet de couche barrière étant d'autant plus marqué que l'essence présente de faibles perméabilités et diffusivités à l'eau et à la vapeur d'eau (comme le Sapelli) que l'épaisseur du débit est importante et que sa température est peu élevée.

Sur l'ensemble des essences commercialisables par la CIB nous avons considéré deux cas de figure, dans le cadre de notre étude de préfaisabilité, résumés dans le tableau 4.

Caractéristiques initiales des essences à traiter	Quantité d'eau à éliminer en préséchage (vert –20%) (kg)	Energie thermique à fournir en préséchage (kWh_{th})	Quantité d'eau à éliminer en séchage de finition (20% -18%) (kg)	Energie thermique à fournir en séchage de finition (kWh_{th})	Quantité totale d'eau à éliminer en séchage (vert – 8%) (kg)	Consommation spécifique (kWh_{th}/kg)
1m^3 « bois rouges » (Sapelli, Sipo,...) densité 0,9 humidité 40%	180	180	86	258	266	1,64
1m^3 « bois blancs » (Ayous, Limba...) densité 0,7 humidité 50%	210	210	59	177	270	1,43

Tableau 4 : Caractéristiques de cycles de séchage conventionnel d'essences centrafricaines.

Les essences de bois blanc se caractérisent par des quantités d'eau et des vitesses de séchage plus élevées en préséchage que les essences de bois rouge. Les puissances respectives affectées sont dans la pratique majorées afin de couvrir les appels importants en puissance lors du préchauffage des cellules chargées de bois humide (forte inertie thermique) et lors de la première phase de préséchage où les vitesses de séchage sont les plus élevées.

Le ratio habituel retenu chez les feuillus durs tels que les essences de « bois rouge » est de 3 kW/m^3 de capacité séchoir. Chez les essences de « bois blanc » de comportement au séchage similaire aux résineux, le ratio précédent est multiplié par 2 pour le Limba (6 kW/m^3) ou par 3 pour l'Ayous (9 kW/ m^3).

3.2 - Besoins électriques des sites de Pokola et Kabo

3.2.1 - Estimation des besoins actuels de Pokola

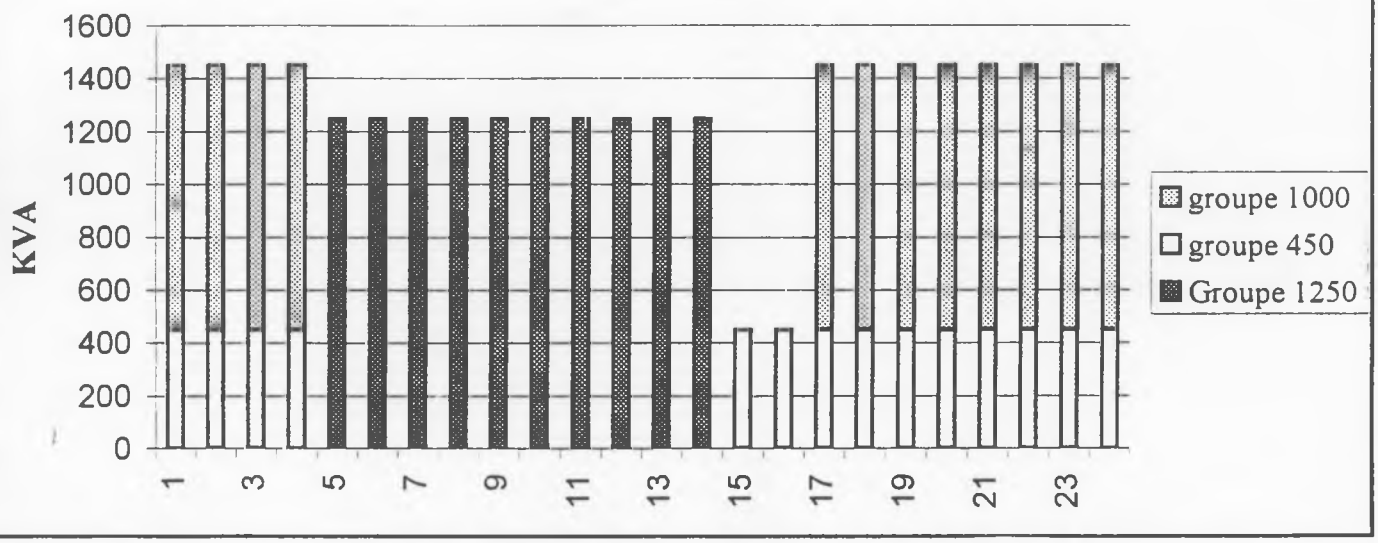
Le sciage nécessite environ 50 kWh/m^3 d'avivés (15 kWh/m^3 grume) pour les bois rouges et 35 kWh/m^3 d'avivés (12 kWh/m^3 grume compte tenu d'un meilleur rendement sciage sans aubier) pour les bois blancs type Ayous.

Cependant l'excellente comptabilité analytique mis en place à la CIB, et les mesures effectuées sur place permet d'apprécier plus précisément les besoins, notamment

sur Pokola.

En fonction de l'heure de la journée selon le fonctionnement ou non de la scierie et des ateliers, la capacité installée varie de 450 KVA à 1450 KVA comme l'illustre la figure 1. En réalité le groupe de 1000 KVA n'a jamais pu fonctionner à sa pleine puissance mais plutôt de l'ordre de 800 KVA ce qui reviendrait à dire qu'à l'exception de 2h par jour au milieu d'après midi, la puissance installée est de 1250 KVA, les besoins d'éclairage et de climatisation du campement de nuit seraient trop importants pour justifier un chargement de groupe.

Figure 1 : Variation horaire de la capacité installée



Le tableau 5 fait apparaître les consommations annuelles en diesel pour l'ensemble du site de Pokola en 1998 à l'exception du mois d'octobre pour lequel les données ne sont pas disponibles. Sur la base d'une consommation des groupes électrogènes moyenne de 0,28 l/kWh, la consommation électrique serait approximativement de 120 kWh/m^3 de sciage. Les chiffres de novembre et décembre sont toutefois à prendre avec précaution car visiblement toutes les consommations n'ont pas été prises en compte et cette période correspond à la mise en place d'un nouveau groupe électrogène de 1250 KVA qui n'apparaissait pas dans les données comptables.

Afin d'apprécier la puissance appelée moyenne et, en retenant une hypothèse conservatrice, nous avons considéré que l'ensemble de la consommation de diesel était utilisé à la génération d'électricité pendant les seules heures de fonctionnement de la scierie à savoir 20h/jour sur le nombre de jours travaillés. La puissance moyenne appelée s'établit à 625 kW (tableau 5) si l'on fait abstraction des données de novembre et décembre.

Les suivis de consommation diesel par section à savoir base vie, atelier mécanique, scierie et navigation sont repris dans le tableau 6. Les puissances appelées moyennes par section y sont également données sur les mêmes bases que précédemment à savoir 0,28 l/kWh, mais en tenant compte des durées effectives de fonctionnement.

Tableau 5 : Consommation annuelle en diesel du site de Pokola en 1998

Groupes		janv-98	févr-98	mars-98	avr-98	mai-98	juin-98	juil-98	août-98	sept-98	####	nov-98	déc-98	Total
450	Conso	17720	1990	14760	16560	2040	16160	14680	17680	15840		9480	14200	141110
	Heures	443	49	369	414	51	404	367	442	396		237	355	
	h théorie 450	519	465	510	495	528	504	501	519	486	501	495	510	
1000	Conso	20130	9790	23870	18370	13090	16720	33880	19580	0		7150	16280	178860
	Heures	183	89	217	167	119	152	308	178			65	148	
	h théorie 1000	225	207	234	225	216	216	243	225	234	243	225	234	
1250	Conso	51012	61694	56680	79134	67580	55590	64092	48178	60822		43382	436	588600
	Heures	234	283	260	363	310	255	294	221	279		199	2	
	h théorie 1250	225	207	234	225	216	216	243	225	234	243	225	234	
900	Conso	6450	17700	0	0	0	70	0	4350	17925		225	1500	48220
	Heures	86	236				1		58	239		3	20	
Total	Conso total	95312	91144	95310	114064	82710	88540	112652	89788	94587	0	60237	32416	956760
	h total fonct	946	657	846	944	480	812	969	899	914		504	525	
	heure mois	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	
Sciages	Total (m3)	2180	2487	2724	2442	2029	2378	2505	2670	2713	2757	2255	2341	29461
Produc jour (m3/j)		85	108	105	98	85	99	93	107	104	102	90	90	97
Conso (littre/m3)		44,75	36,65	34,99	46,71	40,76	37,23	44,97	33,63	34,86	0,00	26,71	13,85	32,51
Conso moyenne (l/j)		3812,5	3962,8	3665,8	4562,6	3446,3	3689,2	4172,3	3591,5	3638	0	2409,5	1246,8	3157,88
Production élec, (kWh)		340400	325514	340393	407371	295393	316214	402329	320671	337811	0	215132	115771	3417000
Conso spécif, (kWh/m3		160	131	125	167	146	133	161	120	125	0	95	49	116
P appellée moyenne K		681	708	655	815	615	659	745	641	650	0	430	223	564

Tableau 6 : Estimation des puissances moyennes appellées à Pokola, établies à partir des consommations de diésel

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Novem.	Décem.	TOTAL
Conso base vie (l)	17051	11428	17396	20587	12835	16682	19981	16529	14826	0	10993	7619	165927
Nb d'heure fonction. (h)	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8760
P moyenne Base vie (kW)	82	61	84	102	62	83	96	79	74	0	55	37	68
Conso. navigation et atelier (l)	22374	13926	22470	26493	15622	21780	25562	21744	19502	0	14215	10677	214365
Nb d'heure fonctio. (h)	250	250	260	250	240	240	270	250	260	270	250	260	3050
P moyen. Navig Atelier (kW)	320	199	309	378	232	324	338	311	268	0	203	147	252
Conso. scierie (l)	55887	65790	55445	66984	54253	50063	67110	51516	60260	0	35030	14120	576458
Nb d'heure fonctio. (h)	500	460	520	500	480	480	540	500	520	540	500	520	6060
P moyenne Scirie(kW)	399	511	381	478	404	372	444	368	414	0	250	97	343
Total puissace appellée (kW)	801	770	773	959	698	779	878	758	755	0	508	280	797

La puissance moyenne appelée hors dernier trimestre est de 800 kW. Cette estimation est assez cohérente avec la précédente. Notons qu'il s'agit bien d'une approche maximaliste dans la mesure où à même niveau de puissance, le moteur de 1 250 kVA a plutôt une consommation spécifique de l'ordre de 0,3 l/kWh.
Des relevés de consommation ont également été effectués pendant le séjour à l'aide d'une pince ampérimétrique. Ils sont donnés dans le tableau 7 :

	11h00	19h00
Consommation village 1		
Hôpital + Hôtel	13 A	63 A
Camps A et B	63 A	-
Général	76 A	130 A
Consommation village 2		
Administration douane	18 A	23 A
Général	36 A	62 A
Consommation Pokola	1 200 A	1 400 A

Tableau 7 : Relevé des besoins en puissance du site de Pokola

Des déséquilibres de phase ont pu être observés sur certaines parties du village.

Si l'on considère que dans le cas des villages il n'y a ni moteur ni circuit inductif type transformateur, **les besoins en puissance pour l'ensemble des deux villages sont d'environ 74 kW de jour et 90 kW de nuit y compris l'éclairage public**.

Sur la base de l'ampérage relevé, et sous réserve d'un bon cos φ, la consommation de l'ensemble du site de Pokola serait de 670 kW de jour et de 780 kW de nuit. Les chiffres se recoupent assez bien avec les relevés de consommation du tableau 6.

3.2.2 - Estimation des besoins actuels de Kabo

Les données sur Kabo sont beaucoup moins nombreuses où les relevés comptables ne permettent pas de différencier les différents postes de consommation (production d'électricité, chantier,....).

Un groupe de 480 KVA assure actuellement la production d'électricité en priorité c'est à dire pendant le fonctionnement de la scierie. Un groupe de 180 KVA est suffisant pour le week-end.

Par contre pour satisfaire les besoins du site après l'installation des 2 CD, un groupe de 700 kVA est envisagé.

3.3 - Estimation des besoins futurs du site de Pokola

Plusieurs façons permettent d'augmenter les marges des exploitants sur les produits transformés :

- en réduisant le différentiel de prix de revient entre m^3 de grume et m^3 de grume transformée :

- par une augmentation du rendement de sciage, notamment en poussant la transformation locale vers des produits finis ou semi-finis
- par une réduction de l'incidence du coût du transport jusqu'à Douala : avec un chargement optimum des camions (diminution du rapport poids/volume par un empilage des avivés bois sur bois) envisageable via le séchage.

- en augmentant la plus-value des produits exportés notamment par un séchage à coûts maîtrisés et par un usinage des produits actuels.

Le commerce des bois tropicaux se caractérise par une tendance générale affirmée à l'échange de produits de plus en plus transformés, plus standardisés et mieux adaptés aux normes du transport international dont l'incidence du coût est plus limitée en raison de la plus forte valeur ajoutée intégrée. Les indicateurs de l'ITTO confirment que les produits transformés résistent mieux aux crises voire tirent d'autant mieux leur épingle du jeu qu'une très grande majorité sont destinés aux marchés porteurs (USA, Europe) et que les produits finis (moulures, lames de parquets, menuiserie, mobilier) sont relativement ciblés pour des marchés sous contrats commerciaux à moyen terme, moins sensibles aux spéculations commerciales. Les statistiques des douanes françaises confirment une nette augmentation de la valeur des produits semi-finis et finis (lames et frises de parquets, fenêtres), supérieure à celle des bois bruts entre 1996 et 1997 (Douanes Françaises, 1998).

Les effets de la crise asiatique, perceptibles dans les pays du bassin du Congo avec des productions de grumes en hausse, réveillent les marchés plus traditionnels sur l'Europe et le Maghreb et maintenant les niveaux d'exportation sur la Chine. Dans le contexte d'effet de ciseaux entre la consommation mondiale de bois qui croît et celle des bois tropicaux qui s'est réduit en Europe depuis 1990, principalement au détriment de l'Asie, des opportunités existent pour des produits issus d'une gestion durable de forêts naturelles (suivant des plans d'exploitation et d'aménagement) à plus grande valeur ajoutée et de qualité maîtrisée notamment pour les essences dites secondaires (avivés standardisés et stabilisés, prédébits).

Sur la base des cours de marchés et des prix de revient moyen CIB :

- coût d'exploitation du m^3 rendu usine 28 000 FCFA
- coût de transformation du m^3 de grume 37 000 FCFA
- coût du transport du m^3 sciage transporté 78 000 FCFA

il apparaît clairement que la rentabilité de l'exploitation forestière tournée vers l'exploitation de grumes « subventionne » la transformation du bois par la CIB.

Dans la mesure où les coûts de transport jusqu'à Douala représentent ou dépassent 50% du prix de revient du m^3 sciage, l'exportation de produits à plus grande valeur ajoutée est à recommander.

Nous proposons donc ici, sur les aspects industriels de développer deux volets : le séchage et la seconde transformation.

3.3.1 – Estimation des besoins énergétiques des séchoirs

L'objectif de la CIB est d'installer 1 000 m^3 de capacité de séchage sur les bases des éléments fournis précédemment (chapitre 3.1.). **Les besoins électriques** pour le séchage en considérant une hypothèse moyenne de 0,2 $kWh/m^3/h$ de marche de séchoir sur une durée de 30 j de séchage seront de 144 kWh/m^3 pour un besoin en puissance installée de 0,3 kW/m^3 en retenant une hypothèse conservatrice ce qui **correspondrait à 300 kW installés dans une hypothèse de capacité séchoir de 1000 m^3**.

Afin d'optimiser le fonctionnement des séchoirs, par rapport aux essences concernées et aux différents volumes concernés, nous proposons 6 cellules de 120 m^3 et 4 cellules de 60 m^3. A raison d'une puissance appelée de 3 kW_{th}/m^3 de bois rouge et de 9 kW_{th}/m^3 d'Ayous (cf. chapitre 31) d'une rotation de 2 mois et 1,5 mois respectivement et d'un objectif d'occupation séchoir de 500 m^3 de bois rouge, 350 m^3 d'Ayous et 150 m^3 d'autres essences (Aniégré,..), **les besoins séchoirs sont 5 760 kW_{th}.**

3.3.2 – Estimation des besoins électriques seconde transformation

La réalisation de prédébits est tout à fait envisageable en pré-série à partir d'avivés séchés artificiellement, de choix standards ou de choix spéciaux tels que frises, narrows et coursons, voire de récupération :

- en prédébits bruts : avivés dégauchis, dressés puis rabotés 4 faces à une côte nominale ;
- en prédébits semi-finis : éléments de menuiserie à égaliser percés et chanfreinés, panneaux collés de portes profilés aboutés,...
- les prédébits finis n'exigeant aucun usinage supplémentaire avant montage : moulures, plinthes , lambris et lames de parquets ; huisserie, montants et traverses de fenêtres et portes ; éléments de mobilier percés et chanfreinés.

Nous retiendrons un besoin total de 120 kW correspondant à la mise en place de corroyeuses ou de corroyeuses-moulurières. Les besoins seront à préciser en fonction des options retenues par la CIB.

3.3.3 – Besoins électriques pour i'électrification rurale

La CIB contribue actuellement assez largement à l'électrification du village de Pokola en mettant l'électricité à la disposition des administrations locales et de leurs fonctionnaires, en équipant un hôpital et un hôtel notamment. Comme c'est le cas également sur de nombreuses unités de ce type, tous les agents de la CIB sont logés et ont accès à l'électricité.

Cependant, les difficultés politiques que rencontrent le pays ont provoqué des déplacements importants de population vers Pokola dans la mesure où la CIB reste l'une des dernières entreprises à fonctionner normalement au Congo. Il serait

illusoire dans ce contexte et certainement désastreux à long terme de mettre en place un réseau destiné à électrifier le village qui est en train de se développer de façon totalement anarchique malgré les efforts et l'assistance apportée par la CIB en terme d'aménagement, terrassement,...

Dans ce contexte, il nous semble par contre préférable de privilégier des opérations susceptibles de favoriser le développement économique local et de renforcer des actions sociales et sanitaires.

Quatre programmes nous semblent particulièrement pertinents à développer :

1 - La création d'un château d'eau et d'une unité de pompage pour la mise à disposition d'eau potable dans la zone nord du village. Il existe en effet une source de très bonne qualité à environ 1 km du village. Cette source a été partiellement aménagée par la CIB mais une grande partie de cette eau est gaspillée par simple écoulement continu. La mise en place d'une station de pompage et d'un « château d'eau » au nord du village permettrait l'accès à l'eau potable dans de bonnes conditions à l'ensemble de la population. Les besoins électriques ont été estimés à 5 kW.

2 - Un « centre artisanal »: Si l'intérêt de l'accès à l'électricité pour l'éclairage n'est pas remis en question dans son principe, nous pensons infiniment plus profitable de privilégier le développement économique par la création d'emploi et d'activités génératrices de revenus. Ainsi la création d'un « centre artisanal » permettra l'accès à l'électricité à des artisans pour différentes activités de type : menuiserie, tours, pressing, moulins, glaces,... nous semble à privilégier. Il s'agirait de construire un bâtiment couvert dans lequel différentes armoires électriques seraient aménagées et permettraient l'installation de ces artisans. L'entretien pourrait être assuré par la CIB dans la continuité de son action au niveau du village mais la gestion de l'unité devra être confiée à une structure locale : chef de village, coopérative,... (voire recommandation sociologue). Les besoins ont été estimés à 50 kW.

3 – Un centre de formation. L'essentiel des activités du village est tourné vers la forêt et le bois. Il existe des compétences au niveau de certains employés de la CIB dans le domaine du travail du bois et des actions ponctuelles de formation sont déjà encouragées par la CIB. Il s'agirait ici de formaliser cette opération et d'organiser des formations ou de parfaire la formation pour des artisans et des personnes non CIB aux métiers du travail du bois : menuiserie, tournage,... Cette action de formation nous paraît essentielle à la fois sur le plan pratique lorsque l'on voit la piètre qualité des meubles locaux et sur le plan économique et social pour la création d'emplois hors de la CIB. Les besoins estimés sont de 15 kW.

4 – L'éclairage public : S'il ne nous paraît pas souhaitable de créer un réseau électrique pour les raisons que nous avons évoqué plus haut, nous recommandons cependant que le système d'éclairage public mis en place par la CIB soit étendu à l'ensemble du village notamment dans la zone nord. Les besoins estimés sont de 10 kW.

4 – ETAT DE L'ART ET TECHNOLOGIES DISPONIBLES POUR LA PRODUCTION D'ÉNERGIE À PARTIR DES DÉCHETS DE BOIS

Sans rentrer dans les détails des différents procédés existants, (des informations ayant déjà été fournies par ailleurs) il convient cependant de rappeler brièvement ici le concept de la cogénération à partir de la combustion du bois et de la production de vapeur qui nous semble être la seule solution compatible avec la nature des besoins de la CIB et la fiabilité des technologies aujourd'hui.

L'objectif de l'utilisateur d'une installation de cogénération peut être :

- économique : l'excédent rendement de la cogénération et un rythme de fonctionnement approprié de l'installation (en fonction de coûts des énergies utilisées et concurrentes) peuvent procurer à cette installation un avantage financier sur tout procédé concurrent,

- autarcique : une installation de cogénération permet à un utilisateur d'être totalement ou partiellement indépendant du réseau pour ses besoins en électricité. Cette indépendance est particulièrement appréciée des industries pour lesquelles toute interruption de fourniture électrique qu'elle provienne du fait de pannes, délestage ou grèves, à des conséquences graves. La cogénération joue alors, entre autre, le rôle d'alimentation électrique de secours.

Les critères de sélection d'une installation de cogénération sont alors fonction de :

- la disponibilité en combustible, ses caractéristiques et éventuellement son coût,
- la nature des besoins exprimés notamment par le ratio chaleur/électricité,
- la qualité et la quantité d'énergie thermique demandée,
- le coût de l'électricité,
- les caractéristiques de la consommation électrique et les besoins en réserve.

Les installations de cogénération fonctionnent selon trois grands modes en fonction de la taille et des applications du système. Les besoins vont en effet définir une classification :

- Installation de cogénération ayant la chaleur comme produit de base, la force motrice ou l'électricité comme sous-produit. Le pilotage se fait alors en fonction des besoins en chaleur. C'est le cas le plus fréquent dans des industries du bois et les agro-industries, les besoins électriques non satisfaits sont fournis par le réseau ou des groupes électrogènes.

- Installation ayant la production électrique ou mécanique comme priorité, la chaleur devenant alors le sous-produit fatal à valoriser. Le dimensionnement de l'installation est établi en fonction des besoins électriques, l'excès de vapeur non utilisé peut être condensé s'il ne peut être vendu. A l'inverse, les besoins thermiques non satisfaits sont fournis par une installation annexe.

- Installation fonctionnant avec des charges constantes à la fois au niveau thermique et électrique ou au maximum de capacité installée de l'unité.

Une installation de cogénération fait toujours partie d'un ensemble industriel complexe auquel elle est intimement liée. Chaque installation possède donc ses spécificités. Malgré cela, la cogénération à partir de combustibles bois fait toujours appel à un ensemble constitué (cf. schéma) :

- d'une chaudière
- d'une turbine à vapeur ou un moteur à vapeur. Le principe de ces machines est de convertir l'énergie de détente en énergie mécanique. La vapeur haute pression se détend dans la turbine ou le moteur et est ensuite libérée à une pression plus faible ou condensée et recyclée en fonction des types d'équipements.

Deux options sont envisageables pour la production d'énergie mécanique et l'entraînement d'un alternateur :

4.1 - Les turbines à vapeur (cf. photo 1)

La conception des turbines est très variable d'un constructeur à l'autre. On peut cependant mentionner les caractères généraux suivants :

- Dans presque tous les cas, le flux de vapeur se fait axialement. Les turbines comportent, en général, plusieurs étages (roues) en série, ce qui permet de limiter les vitesses d'écoulement de la vapeur, et traiter les fortes détentes avec un bon rendement thermodynamique.
- Chaque étage est composé d'un aubage fixe dans lequel se fait la mise en vitesse de la vapeur et d'un aubage mobile où la vapeur, déviée, transmet son énergie cinétique à l'arbre de la turbine.

La vapeur haute pression est admise au tore d'admission et passe dans les tuyères sur les aubages d'une première roue. A la sortie de cette roue, elle est reprise par des aubages fixes qui lui redonnent la direction voulue et la renvoient sur une deuxième roue, et ainsi de suite. On peut classer les turbines en fonction des critères suivants :

- pression/température à l'admission,
- pression à l'échappement,
- puissance,
- rendement et prix.

Les différents types de turbine sont les suivants :

Les turbines à condensation : La vapeur traverse la turbine et s'échappe dans un condenseur de vapeur généralement sous vide. Le refroidissement est obtenu, soit par de l'eau d'un réseau bouclé ou ouvert, soit par de l'air.

Turbines à contre pression : La vapeur traverse la turbine et s'échappe dans un réseau de vapeur dont la pression est régulée par ailleurs.

Il nous semble que dans le contexte de la CIB, la solution de la fourniture électrique par le biais des moteurs à vapeur est une solution à étudier avec sérieux d'autant que les rendements de ces moteurs notamment SPILLING sont maintenant d'un niveau comparable aux turbines basse pression. L'inconvénient majeur de cette technologie est l'absence de concurrence pour la fourniture d'équipement. En effet, outre quelques constructeurs thaïlandais qui n'exportent pas, nous ne connaissons que deux fabricants : SPILLING en Allemagne et MERMARCH au Brésil.

Photo 2 : Moteur à vapeur Spilling – 600 kW

contrairement aux turbines.

Le gros avantage du moteur à vapeur réside dans le fait que pour tous les niveaux de facteurs de charge le moteur développe le même couple à toutes les vitesses de rotations des moteurs, la consommation de vapeur et la puissance restant proportionnelles à cette vitesse. Pratiquement tous les autres moteurs nécessitent la même fourniture d'énergie pour maintenir un moment constant quand la vitesse varie. De plus, les moteurs à vapeur sont les seuls à avoir une consommation nulle de vapeur à une vitesse nulle alors qu'ils développent un moment identique et maintiennent la pression du process.

Nous présenterons ici succinctement les principes des moteurs à vapeur que l'on peut encore rencontrer :

- **CORLIS :** Ancienne, mais de conception particulièrement ingénieuse, cette machine est encore assez fréquemment rencontrée en sucrerie de canne. L'espace mort (c'est à dire l'espace restant lorsque le piston arrive en bout de course) est très réduit du fait de sa conception. Admission et échappement s'effectuent par deux organes distincts limitant les frottements. Par contre ce principe se prête mal aux hautes températures et à la surchauffe. Elle n'est pas indiquée pour les pressions supérieures à 10 bars.

- **Machine à soupape** : Les machines à soupape (type SPILLING) présentent l'intérêt de se prêter aux températures élevées et à la surchauffe (la surchauffe permet de stocker plus d'énergie dans la vapeur donc de permettre de meilleurs rendements à l'utilisation lors de la détente). La soupape est légère et ne s'use guère. Elle ne nécessite presque pas de graissage et s'adapte bien aux grandes vitesses (200 t/mn pour 60 t dans le cas de la CORLIS). Son action sur les parois est réduite. Les hautes pressions d'admission et la surchauffe permettent à ces machines à soupape de fonctionner dans des conditions thermodynamiques, particulièrement favorables qui les rapprochent des turbines.

Le tableau 8 ci-après élaboré par E. HUGOT donne un aperçu des rendements thermodynamiques des moteurs à vapeur comparés aux turbines à vapeur simples.

	Rendement
Machine à action directe (sans détente)	0,25 à 0,35
CORLIS	0,60 à 0,70
Machine à soupape	0,65 à 0,75
Turbine à réaction et à condensation (0,1 bars)	0,75 à 0,80

Tableau 8 : Rendements thermodynamiques des moteurs à vapeur

Les moteurs à vapeur restent particulièrement intéressants dans le contexte de certains pays tropicaux :

- robustes, ils sont d'une maintenance facile et peu coûteuse ce qui est un avantage des pays peu industrialisés et enclavés,
- les rendements énergétiques plus faibles ne constituent pas un handicap lorsqu'il y a surabondance de déchets non valorisables à d'autres fins .

Turbines à soutirage et condensation : La vapeur partiellement détendue dans la partie haute pression de la turbine est extraite par une tubulure latérale sur le corps de la turbine. Une partie de la vapeur alimente un réseau à pression constante MP , une autre partie retourne à la turbine et est détendue dans la partie basse pression.

Turbines à soutirage et contre-pression : Le principe est identique à celui ci-dessus, mais l'échappement basse pression BP, se fait dans un réseau dont la pression est régulée par ailleurs.

Photo 1 : Turbine à condensation Nadrowski – 900 kW

4.2 - Les moteurs à vapeur (cf. photo 2)

La transformation de l'énergie de la vapeur peut également avoir lieu dans un moteur alternatif, même si l'essor des moteurs électriques, des turbines et autres moteurs a relégué les moteurs à vapeur en dernière position des équipements industriels pour la force motrice. Cependant, les moteurs à vapeur présentent l'avantage d'être extrêmement fiables et ont des caractéristiques qui ne sont pas obtenues par les autres générateurs.

Les moteurs les plus simples fonctionnaient sans détente de la vapeur dans le cylindre. Ainsi par une simple pompe, la vapeur remplie la totalité du cylindre et ne se détend pas. Il en résulte des rendements très faibles. Les moteurs plus élaborés, qui sont pour certains encore construits aujourd'hui, utilisent des systèmes d'obturation des cylindres qui limitent l'admission de la vapeur dans le cylindre en début de course du piston et permet la détente pendant la période de déplacement du piston.

Si le principe de régulation, des moteurs à vapeur modernes permettent de bons rendements, ces derniers sont limités par l'impossibilité de détendre la vapeur sous vide en sortie et/ ou d'admettre des pressions et des températures élevées

5 – FAISABILITÉ DE L'AUTOPRODUCTION D'ÉNERGIE À POKOLA

5.1 – Dimensionnement de l'installation

La capacité nominale du générateur a été établie comme suit :

- besoins actuels de l'unité de Pokola		850 kW
- besoins des auxiliaires		360 kW
. pour la chaudière (pompes, extracteurs)	240 kW	
. pour le broyeur	120 kW	
- besoins séchoir		300 kW
- besoins moulurage		120 kW
- besoins électrification rurale		200 kW
. village artisanal	50 kW	
. centre de formation	15 kW	
. château d'eau	5 kW	
. éclairage public	40 kW	
. éclairage privé	70 Kw	
. hôpital + hôtel	20 kW	

La capacité installée du générateur devra être de :

850 + 360 + 300 + 120 + 200 = 1830 kW ≈ 1 900 kWe

Les besoins thermiques des séchoirs ont été estimés à 5 800 kW_{th}. Ils sont fournis à partir de vapeur 4 bars, 200°C soit ≈ 8 t de vapeur, ou d'un échangeur sur les moteurs à vapeur.

Le tableau 9 ci-après donne les éléments de calcul pour le dimensionnement d'une installation sur le principe d'une fourniture totale des besoins électriques à partir de deux turbines à vapeur.

Caractéristiques pour 1t	Unité	Turbine 1	Turbine 2
Admission			
- Pression	Bars	30	4
- Températures	°C	350	200
- Enthalpie	MJ	3117	2860
Echappement (détente isentropique)			
- Pression	Bars	4	0,1
- Enthalpie théorique	MJ	2675	2560
- Chute isentropique (ΔH)	MJ	442	300
- Rdt isentropique	%	62	50
- Enthalpie utile	MJ	274	150
- Enthalpie de la vapeur	MJ	2949	2710
- Température vapeur	°C	200	105
Chaleur séchoir			
- Enthalpie condensable	MJ	440	-
- Chaleur utilisable	MJ	2509	-
-			
Alternateur			
- Rendement	%	92	92
- Energie électrique	MJ	236	138
-	kWh	65	38
Consommation spécifique chaudière	kg vap./kWh	15.4	26,3
- Enthalpie vapeur produite	MJ	3117	-
- Enthalpie des condensats	MJ	440	-
- Chaleur nécessaire	MJ	2677	-
- Rdt chaudière	%	80	-
- Energie combustible	MJ	3346	-
			-
Performance installation ([1])			
- Puissance alternateur	KW	1400	500
- Débit vapeur	t/h	21	13
- Energie combustible	MJ/h	70266	-
- Chaleur utilisable Q	MJ/h	19350	1794
- Electricité produite W	MJ/h	4956	-
- Production totale W + Q	MJ/h	26110	-
- Rdt global	%	37,1	-
- Consommation spécifique	kg bois/kWh	3.2	-
- Rapport force chaleur	MJ/kWh	10.7	-

Tableau 9 : Eléments de dimensionnement de l'installation CIB à partir de turbines à vapeur

Les principaux éléments constitutifs de l'installation de cogénération sont donnés dans le tableau 11.

([1]) La puissance des alternateurs et la capacité de la chaudière ont été calculés à partir de la formule : puissance totale (1900) = (X)(conso. Spécifique turbine 1) + (X+8) (conso. spécifique turbine 2), X étant la capacité en tonne de vapeur de la chaudière. La puissance des alternateurs a été arrondie à l'unité supérieure.

5.2 – Principe et conception de l'unité retenue

Deux solutions techniques 100% bois énergie sont envisageables :

- la production de force motrice par le biais de turbines à vapeur,
- la production de force motrice par des moteurs à vapeur.

Nous pensons cependant que le niveau d'investissement requis dans ces conditions est assez élevé, c'est pourquoi nous proposons ici une solution alternative mixte diesel bois.

5.2.1 – Option turbine à vapeur

Le schéma d'organisation retenu est très simple (figure 2), il tient compte de notre expérience dans le domaine. Nous avons choisi le principe d'un cycle vapeur basé sur une chaudière associée à une turbine ou moteur à vapeur à contre pression dont la vapeur basse pression alimentera le séchoir à bois.

L'excédent de vapeur non utilisé par les séchoirs est ensuite envoyé vers une deuxième turbine basse pression à condensation afin de récupérer la totalité de l'énergie contenue dans la vapeur.

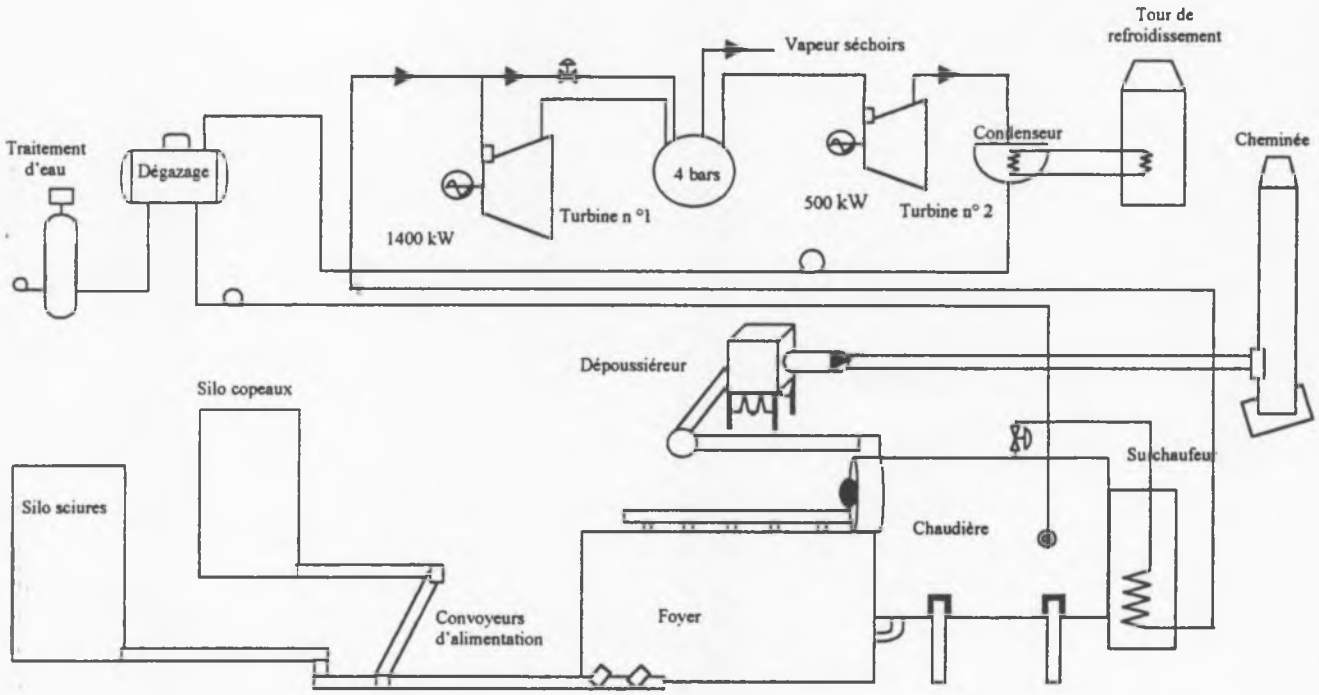


Figure 2 : Schéma de principe de l'installation de cogénération retenue pour le prédimensionnement

La deuxième unité de détente est particulièrement importante dans la mesure où les besoins vapeur des séchoirs sont relativement faibles par rapport aux besoins électriques de l'unité et qu'ensuite les besoins des séchoirs peuvent être amenés à varier. En effet dans la pratique on estime que 40% des besoins totaux du séchage sont utilisés sur 50% du temps de séchage correspondant au démarrage de ce dernier et que les 60 % restants sont consommés sur la seconde période. Plusieurs cellules de séchage en fonctionnement permettent cependant d'amortir ces pics.

Ainsi dans notre proposition une première unité détend toute la vapeur produite par la chaudière jusqu'à une pression voisine de 4 bars. Une deuxième unité va condenser la totalité de la vapeur non utilisée par le séchoir.

Cette option n'est pas plus coûteuse qu'une option qui consisterait à utiliser par exemple une turbine à condensation et à soutirage beaucoup plus sophistiquée et plus coûteuse en terme de maintenance. Cette option offre en outre l'avantage d'une plus grande souplesse d'utilisation. En cas de panne d'une des unités de détente, une partie des besoins peuvent être satisfaits. Enfin, cette option a pour avantage de mieux s'ajuster aux variations de facteurs de charge de l'unité sans faire supporter à la seule chaudière de fortes variations de facteurs de charge (cas du week-end par exemple).

5.2.2 – La production de force motrice par des moteurs à vapeur

Cette option, bien que légèrement moins performante dans l'absolu en terme de rendement énergétique, (cette remarque n'est valable du reste qu'en comparaison avec certaines turbines) offre des avantages en terme de robustesse et de simplicité de mise en oeuvre qu'il convient de ne pas négliger, notamment quand la disponibilité en biomasse n'est pas le facteur limitant, ce qui est bien être notre cas ici. L'option moteur à vapeur sera donc étudiée ici en substitution des turbines. Une proposition de la société Spilling, seul constructeur européen et qui dispose de solides références, est donnée en annexe.

Le montage dans ce cas précis est légèrement différent du cas précédent notamment pour tenir compte des spécificités des moteurs à vapeur (dont les bonnes performances dépendent du niveau de détente) et d'une orientation vers un ensemble séchoir fonctionnant en eau chaude et non plus vapeur. Dans ce cas précis, l'unité de génération comprendrait :

- deux moteurs Spilling fonctionnant en couplage (et non plus en cascade) d'une capacité unitaire de 660 kW.
- Une unité de condensation équipée d'un système de génération d'eau chaude pour alimenter les séchoirs.
- Une unité de condensation pour absorber le surplus de vapeur basse pression non utilisé par le séchoir.
- Une unité de détente de vapeur en cas de non-fonctionnement des moteurs mais de maintien du fonctionnement des séchoirs. Cas exceptionnel mais à envisager.

Cette unité serait comme précédemment couplée à un moteur diesel chargé d'assurer le fonctionnement de pointe. Le détail de la fourniture est donnée dans les

annexes citées précédemment.

Notons que cette conception permettrait l'installation d'environ 500 m^3 supplémentaires de séchoir sans modification. Enfin il n'est pas exclu que l'un des moteurs diesel déjà présent sur le site de Pokola ou de Kabo (deux moteurs de 700 kWA) puisse être utilisé (la conception des moteurs doit être conforme avec le principe du couplage).

Afin d'optimiser le fonctionnement de cette unité, il convient d'utiliser l'unité chaudière moteur au maximum de ses capacités c'est à dire 8 000 h par an à 85% de facteur de charge. Compte tenu de la consommation des utilitaires la capacité de génération nette est de 7 760 MWh/an. Dans ces conditions le moteur doit fonctionner pour assurer 2 520 MWh/an maximum.

Compte tenu des multiples avantages qu'elle présente, nous recommandons la mise en place de moteurs à vapeur, plutôt que de turbines.

5.2.3 – Couplage moteur à vapeur/moteur diesel

Comme nous l'avons signalé, la grande majorité des installations industrielles voient leur consommation électrique fluctuer dans des proportions parfois très importantes selon les appels de puissance de certaines machines à fonctionnement discontinu. En scierie, la scie de tête, les dédoubleurs, les déligneuses sont caractéristiques de ce fonctionnement. Les puissances unitaires installées étant importantes, chaque passage en coupe de ces outils se traduit par un pic de consommation. De même au démarrage les puissances appelées sont souvent voisines de la puissance nominale pour se retrouver en fonctionnement normal avec un besoin de puissance de l'ordre de 50 à 60% de la capacité installée.

Il est clair qu'une bonne gestion des outils au moment du démarrage et la multiplication des outils en fonctionnement permet de limiter l'amplitude de ces pics mais sans les éliminer.

Une centrale électrique doit être en mesure de subvenir aux besoins maximum de puissance. Cela se traduit souvent par un surdimensionnement des capacités installées par rapport aux besoins journaliers caractéristiques du fonctionnement moyen de l'unité. Une centrale à bois ne peut pas déroger à cette règle.

Afin de réduire le niveau d'investissement, nous proposons d'étudier ici une unité mixte de génération d'électricité avec :

- Une installation bois chargée de satisfaire le maximum des besoins électriques
- Un ensemble moteur diesel fonctionnant en couplage/écrêtage et dont l'objectif est de fonctionner en parallèle de l'unité bois quand les besoins électriques dépassent la capacité installée des turbines et pour absorber les pointes et fluctuations d'ampérage. Ainsi, lorsque les besoins vont dépasser la capacité de la chaudière, le moteur se met en route automatiquement.

Compte tenu du dimensionnement élaboré à partir des données précédentes, du gain réalisé sur le poste auxiliaire qui est fonction de la capacité de la chaudière et

des besoins des séchoirs, les éléments constitutifs de l'installation que nous recommandons à ce stade de préfaisabilité sont donnés dans le tableau 13 suivant :

Eléments constitutifs	Capacité
1 – Broyeur à bois	30 m^3/h 175 kW
2 – Bande transporteuse pour copeaux	3 kW
3 – Silo et système d'extraction	200 m^3
4 – Bande transporteuse	3 kW
5 – Système d'alimentation automatique	copeaux et sciures
6 – Foyer	-
7 – Chaudière et surchauffeur . pression de travail . température de vapeur . pression de design	17 t/h 30 bars surchauffés 350°C 33 bars
8 – Dépoussiérage fumées	150 mg/Nm^3
9 – Cheminée et extracteur	-
10 –Moteur vapeur . consommation spécifique . contre pression . générateur couplé	30 bars - 17 t 12 kg/kWh 3 bars 1 320 kW
11 – Groupe électrogène Caterpillar fonctionnant en couplage	diesel
. moteur avec régulateur de tension et armoire . générateur	12 cylindres 500 kW
12 – Armoire d'automatisme de couplage	conteneurisée
13 – Unité de traitement d'eau	
14 –Ensemble refroidissement d'eau	-

Tableau 10 : Eléments constitutifs de l'unité de cogénération mixte turbine à vapeur/moteur diesel

Nous avons ainsi :

- réduit la capacité de la chaudière à 17 t/h,
- baissé le niveau de la contre-pression afin de baisser la consommation spécifique du moteur vapeur.
- placé une vanne de détente pour absorber et détendre la vapeur non consommée par les séchoirs. Cette option néfaste au rendement énergétique de l'installation permet d'envisager l'extension de la capacité du séchoir sans avoir recours à de nouveaux investissements. Cette vanne devrait permettre de détendre 5t/h de vapeur de 30 bars à la pression de 0,5 bars. L'abondance de déchets et l'intérêt manifeste du séchage pour la CIB nous a fait retenir cette option malgré son coût plus élevé.

Sur le plan économique, les solutions bois-énergie ont l'énorme désavantage d'être des options coûteuses en terme d'investissement par rapport à la solution classique groupe diesel. Ainsi, un groupe de 1200 kVA de type CATERPILLAR représente un investissement de l'ordre de 2800 FF/kW installé alors qu'en fonction des options choisies le niveau d'investissement biomasse est de l'ordre de 11 000 FF/kW installé. L'investissement à consentir est donc pratiquement quatre fois plus élevé, même si la solution chaudière permet en parallèle la production de chaleur pour les séchoirs.

Cette solution de couplage centrale à bois en moteur à vapeur/moteur diesel est conçue pour un fonctionnement de la centrale à bois en base (c'est à dire fonctionnant quasiment 8 000 h par an avec un facteur de charge de plus de 80% type centrale nucléaire du réseau EDF) et un fonctionnement des moteurs diesels pour les besoins de crête (type turbine à gaz du réseau EDF).

Une telle solution devrait permettre :

- de diminuer considérablement les niveaux d'investissements,
- d'améliorer la rentabilité globale des projets,
- d'assurer une autonomie quasi totale des installations en cas de défaillance de l'un des approvisionnements (panne, rupture d'approvisionnement,...),
- de diminuer les risques de panne et les besoins en maintenance, notamment sur la centrale à bois qui fonctionne alors de manière très stable et proche de sa capacité nominale et par voie de conséquence, d'allonger sa durée de vie.

5.3 – Evaluation des coûts unitaires et des unités d'œuvre

5.3.1 – Nombre de jours de travail

Nous retiendrons une hypothèse de 8 000 heures de travail annuel pour l'ensemble des équipements et des séchoirs correspondants :

- aux usages actuellement en pratique à la CIB (1 mois d'arrêt tous les deux ans pour grosse maintenance) : 350 J/an
- taux de pannes et arrêts divers : 5% du fonctionnement annuel

5.3.2 – Evaluation des niveaux de production

a – La matière première

Le volume de déchets disponible a été estimé précédemment à 5 600 t/mois avec un taux d'humidité moyen de 40% sur brut et un pouvoir calorique inférieur de 10 000 kJ/kg.

Afin de permettre un fonctionnement automatique de la chaudière, l'ensemble des déchets massifs sera passé au broyeur, la taille maximum des copeaux étant 30x10x10 mm.

Le mélange copeaux/sciures se situe aux environs de 25% de sciures.

b – La production électrique

La capacité nominale du générateur est de 1 320 kWe tel que défini précédemment.

La consommation électrique des auxiliaires (chaudière + broyeur) est estimée à 60% de la capacité installée pour l'ensemble chaudière et 70% de la capacité installée pour le broyeur. La production électrique de l'installation est donc comprise entre 6600 et 8110 MWh par an en fonction du facteur de charge comme l'indique le tableau 11.

Le facteur de charge n'est retenu ici qu'à titre indicatif et pour apprécier la marge de manœuvre qui est offerte en cas de mauvaise appréciation du volume de déchets disponibles.

Facteur de charge	90 %	75 %
Production électrique potentielle de la turbine (MWh) 8000h	9 500	7 920
Consommation des auxiliaires chantier 8 000 h (Mwh)	1 100	1 100
Consommation broyeur 3500 h (MWh)	290	220
Production électrique annuelle nette (MWh)	8 110	6 600

Tableau 11 : Production électrique potentielle nette

La consommation des auxiliaires représente 16% de la capacité de production.

c – Les besoins en combustible

La consommation en bois résumée dans le tableau 12 est établie à partir des données du tableau 9 à savoir, 3,2 kg/kWh.

Facteur de charge	90 %
Production électrique (MWh)	9 500
Besoins en bois (t) PCI = 10 000 MJ/t	30 400
Besoins en bois (t) PCI = 9 000 MJ/t Soit 3.6 kg/kWh	34 200
Disponibilité en bois (t)	67 000

Tableau 12 : Estimation des besoins en bois

On constate que la disponibilité en déchets est très largement supérieure aux besoins. Selon l'hypothèse retenue la consommation en déchets représenterait 54% des déchets disponibles réellement utilisables par la génération d'électricité. Cette situation offre un sécurité certaine vis à vis :

- d'une mauvaise estimation des volumes disponibles,
- d'un arrêt prolongé de l'unité de sciage pour des raisons diverses,
- de la performance réelle de l'installation en condition d'installation. Ainsi une chute du rendement de 5 points au niveau de la chaudière (75% au lieu de 80%) se traduirait par une augmentation de 7% de la consommation en bois soit une consommation encore inférieure à la disponibilité.

5.3.3 – Besoins en personnel

5.3.3.1 – Pour l'unité en cogénération

Les besoins en personnel sont estimés comme suit sur la base de 2 postes de 10 heures sur 7 jours/semaine.

- Suivi chaudière : 1 agent de maîtrise et un ouvrier sont nécessaires par poste.
- Suivi générateur : aucun besoin supplémentaire par rapport à l'existant.

Afin d'assurer l'acheminement et le conditionnement des déchets au niveau du broyeur, 1 ouvrier et 2 manœuvres sont nécessaires sur 1 poste.

Les besoins en personnel pour la cogénération s'établissent comme suit :

Agent de maîtrise	3
Ouvrier	4
Manœuvre	2

5.3.3.2 – Pour les séchoirs

Le suivi des séchoirs devrait nécessiter 1 agent de maîtrise par poste sur 3 postes.

Après le séchage artificiel, les avivés ou prédébits peuvent être colisés bois sur bois. Vu les délais d'acheminement jusqu'à l'embarquement et afin de garantir les humidités des lots d'avivés, les humidités et les dimensions nominales ou définitives des prédébits, un emballage adéquat est nécessaire pour protéger les colis assemblés de la pluie, du soleil, de l'humidité ambiante et des risques de réinsfestation par les insectes de bois secs. Les solutions adoptées au Cameroun (couverture totale des colis par film PVC ou PE, noir ou blanc, 60 μ avant cerclage) peuvent être renforcées à la CIB par :

- la pose de deux coiffes palette PE, transparent ou blanc en 200 μ, à la base de chaque colis avant empilage bois sur bois, puis au-dessus de chaque colis assemblé ;
- la pose de banderoles PE étirable tricouche, transparent en 30 μ sur 4 faces du colis après empilage bois sur bois ;
- la pose d'une coiffe palette PE, transparent ou blanc en 200 μ de protection sur chaque colis emballé avant cerclage.

L'adoption de banderoles PE transparent permet le contrôle visuel du colis avant embarquement ou empotage sur site. Le stockage provisoire des avivés en sortie de séchoir et leur colisage nécessite de libérer un hangar couvert et sain pour réaliser un atelier de conditionnement-emballage à courte rotation des produits, généralement mobilisable sur les sites visités. Pour un débit de 20 à 100 colis par jour, la pose des banderoles s'effectue avec des dérouleurs manuels à poignée ou à poste fixe sur châssis avec rotation des colis sur un plateau tournant.

En sortie séchoir, il faut compter 0,75 h de manœuvre par m^3 emballé pour les opérations de dépilage, de rempilage et d'emballage des avivés bois sur bois. 13 manœuvres sont nécessaires à cette opération. Nous avons retenu l'hypothèse qu'un chariot élévateur serait nécessaire en supplément du matériel existant et que 1 cariste par poste serait nécessaire soit trois caristes.

Afin d'assurer la supervision de l'ensemble cogénération + séchoir, nous pensons souhaitable le recours à un poste expatrié.

Les besoins en personnel s'établissent donc comme suit :

Expatrié	1
Agent de maîtrise	3
Cariste	3
Manœuvre	13

5.3.4 – Coût unitaire de base

Les prix sont exprimés en KF CFA établis à partir de la grille de salaires de la CIB.

Les coûts annuels avancés comportent le salaire (12 mois) majoré des charges sociales, des congés, primes et charges diverses (médical, logement) assurées par l'entreprise.

- manœuvre	1 100 KF CFA
- ouvrier	1 800 KF CFA
- cariste	2 400 KF CFA
- agent de maîtrise	2 800 KF CFA
- expatrié	36 700 KF CFA

Aucun personnel d'encadrement administratif supplémentaire n'est nécessaire.

5.3.5 – Coût unitaire des consommables

Les prix unitaires suivants ont été retenus sur la base des données CIB :

- carburant diesel	290 F CFA/l
- lubrifiant groupe	1 700 FCFA/l
- produits de traitement d'eau	60 000 FCFA par t de capacité vapeur/an
- produits d'emballage	2 000 FCFA/m^3

5.4 – Coûts des matériels et équipements

5.4.1 – Ensemble de cogénération

a – Génie civil

Le coût du génie civil est pris sur la base de l'expérience du CIRAD et des estimations de coûts de bâtiments de la CIB (installation pour les CD à Kabo). Le génie civil est estimé à 45 MF CFA. Ces travaux seront réalisés par le client sous la supervision des fournisseurs.

b – Equipement de l'unité de cogénération

Les coûts sont donnés en millions de FCFA

- génie civil	40
- ensemble chaudière avec auxiliaires	872
- broyeur	50
- turbo générateur	820
- moteur diesel et couplage	77
- transport (12%)	190

Les coûts d'acheminement sur Douala (transport départ usine rendu port de Douala sur quai avec assurance) de ces équipements sont en moyenne compris entre 7 et 10% auquel il convient d'ajouter les coûts de transport Douala-Pokola qui varient en

fonction de la nature des produits entre 3 et 4,2%. Nous retiendrons une hypothèse moyenne de 12%.

Le coût de l'ensemble de l'installation sur une base « clef en main » s'établit donc à : 2 050 millions de FCFA.

5.4.2 – Ensemble séchoirs

Les prix des différents modules de séchoir présentés ci-après intègrent la fourniture de cellules aluminium accolées et aménagées hors génie civil, leur système de régulation et leur armoire de puissance ainsi que le raccordement vapeur. Les prix sortie usine Europe sont les prix moyens actuels de base qui ne tiennent pas compte des remises éventuelles consenties en fonction du montant de l'investissement.

- cellule 60 m^3 36 MFCFA + 18 MF CFA par module supplémentaire accolé
- cellule 120 m^3 52 MF CFA + 39 MF CFA par module supplémentaire accolé

Le coût de base en génie civil des cellules de séchage (sol, raccordement chaudière, base d'appui des cellules, évacuation des condensats), relevé au Cameroun est en moyenne de 60 000 FCFA/m^3 de capacité utile (A.Themelin –1998). La mise en place de séchoirs maçonnés permettrait une diminution du coût de l'ordre de 15%.

Le coût de l'installation de séchage se répartit donc comme suit :

- Génie civil		60 MF CFA
- Séchoir 120 m^3	52 + 5 x 39	247 MF CFA
- Séchoir 60 m^3	36 + 3 x 18	90 MF CFA
- Transport		40 MF CFA
- Montage et réception		25 MF CFA
Coût total séchoir		**462 MF CFA**

5.4.3 – Matériel roulant

Le coût d'acquisition d'un chariot élévateur à fourches frontales, à moteur diesel et de capacité de levage de 5 t a été estimé à 55 MF CFA rendu.

5.5 – Autres coûts

5.5.1 - Maintenance

Nous avons considéré 4 % de coûts fixes de maintenance sur le montant total des investissements, chiffre un peu élevé mais qui tient compte du contexte d'enclavement de la CIB, mais aussi du relativement faible coût de maintenance des moteurs à vapeur.

5.5.2 – Combustible

Le coût du combustible est considéré comme nul. En toute logique, nous pouvons retenir un coût négatif lié aux coûts, qui ne sont pas négligeables, de mise en brûlage de ces produits. En effet :

- Les sciures sont évacuées par bande transporteuse sur une grande distance. La consommation électrique peut être estimée de la façon suivante :

264 j x 20h/j x 6 kW x 0,6 x 0,25 l/kWh x 290 FCFA/l ≈ 1 378 000 FCFA/an

- Les dosses et délignures sont évacuées à l'aide d'une fourchette à raison de 1 aller/retour de 3 mm toutes les heures de fonctionnement soit :

264 j x 20h/j x 0,05% x 80 l/h x 290 FCFA/l = 6 124 800 FCFA/an

- Les chutes d'éboutage sont évacuées vers le chantier de carbonisation en benne à raison de 5 heures par jour sur une rotation de 10 mm soit un coût de fonctionnement carburant s'élevant à :

264 j x 0,8 h x 50 l/h x 290 FCFA/l = 3 062 400 FCFA/an

Ces coûts s'entendent hors amortissement, entretien et personnel, ils ne concernent que la consommation en équivalent diesel qui ne représente qu'environ 50% du coût total des équipements roulants.

5.5.3 – Carburant groupe diesel

Les coûts de fonctionnement du groupe diesel en couplage ont été établis de la façon suivante :

- production nette moteur à vapeur	8 100 MWh/an
- besoins Pokola hors consommation et accessoires	10 280 MWh/an
- production diesel	2 180 MWh/an
- consommation spécifique fuel	250 g/kWh
- consommation spécifique huile	5g/kWh

5.5.4 – Frais généraux et divers

Nous retiendrons pour simplifier 25% du coût personnel hors expatrié.

5.5.4 – Manutention séchoir

Dans la pratique, les durées relevées en moyenne pour le chargement et le déchargement de colis d'avivés dans les cellules de séchage est de 15 mn/m^3 de capacité utile/cycle.

A raison de 10 cellules de séchage installées avec 50% du volume bois rouge, 1 rotation tous les 2 mois , 35% Ayous 2 rotations/mois, 15% autres bois, une rotation par mois, le nombre de chargement/déchargement mensuel est en moyenne de 11 soit. 275 h/mois ou 3 025 h/an. La consommation horaire retenue est de 2 l.

Le coût annuel des consommables pour la manutention séchoir est donc de :

Diesel : 3 025 h x 2l/h x 290 FCFA = 1 745 k FCFA
Huile : 3 025 h x 5 g/h x 1.1 g/l x 1 700 FCFA = 28 k FCFA soit un total d'environ 1 800 k FCFA.

5.6 – Données retenues pour l'analyse économique et financière

5.6.1 – Critère d'évaluation

Nous avons retenu d'apprécier la rentabilité économique des projets à partir du taux interne de rentabilité (TIR) et du délai de récupération des fonds investis (DRFI).

5.6.2 – Durée de vie des équipements

Nous avons retenu par mesure de simplicité et par sécurité une durée de vie des équipements identiques pour l'ensemble des investissements et égale à 20 ans. Nous n'avons considéré aucune valeur résiduelle même si certains de ces équipements notamment l'ensemble chaudière-turbine, ont une durée de vie bien supérieure (30 ans et plus).

5.6.3 – Revenus du projet

Les revenus du projet sont de quatre ordres :

- **Les coûts énergétiques évités du fait de la substitution par le bois du diesel utilisé** dans les groupes. Ils sont appréciés sur la base d'une consommation moyenne de 0,28 l de diesel par kWh. Ce chiffre assez faible retenu par mesure conservatrice correspond à une donnée déjà utilisée précédemment. La consommation en huile des moteurs est d'environ 5 g/kWh , son coût sera répercuté sur le coût du diesel que nous arrondirons à 300 FCFA.

- **Les revenus escomptables du fait du séchage**. S'ils restent difficiles à chiffrer avec exactitude aujourd'hui puisque la CIB ne sèche pas, nous pouvons cependant d'ores et déjà considérer un gain sur le transport estimé à partir du Sapelli.

  Après quelques jours de ressuyage sur parc on peut considéré que le m^3 de sciage pèse 900 kg. La PTAC limite aujourd'hui le chargement des camions à 45

m^3. La mise en place de séchoir permettrait un gain de :

900 x 38/100 ≈ 342 kg correspondant à une perte en eau équivalent au passage d'une humidité de 40 à 18%.

Les colis d'avivés baguettées présentent un encombrement hors tout généralement compris entre 1,05 et 1,20 m en largeur et entre 0,90 m et 1,20 m en hauteur (chantier de 0,10 m compris). Les plateaux de semi-remorque utilisés pour le transport, avec une surface utile de 2,50 m en largeur sur x 12,50 m de longueur, autorisent le chargement de deux colis en largeur et de 3 voire 4 colis en hauteur; soit un volume maximum utile de bois de 55 à 60 m3 sur des épaisseurs de 25 à 75 mm, tenant compte que les colis ne sont pas jointifs, notamment en longueur.
La PTAC autoriserait alors le transport de 65 m^3. Compte tenu de l'encombrement, il n'est pas envisageable en l'état de transporter plus de 60 m^3 équivalent soit un gain sur le transport de plus de 25%.

- Sur les bases des discussions précédentes nous retiendrons également une plus value séchage de 20 000 FCFA/m^3 pour l'ensemble des espèces.

- Une marge de 15 000 FCFA/m^3 d'Ayous débité.

5.7 – Résultats de l'analyse économique

Le tableau 13 ci-après résume les différentes options qui ont été retenues au niveau de l'étude de faisabilité.

	Chaudière turbine (pour mémoire)	Chaudière moteur à vapeur	Chaudière moteur à vapeur moteur diesel
Options techniques			
. durée de fonctionnement	8 000 h	8 000 h	8 000 h
. capacité installée bois	1 900 kW	1 900 kW	1 320 kW
diesel	-	-	500 kW
. durée de vie	20 ans	20 ans	20 ans[2]
. facteur de charge	75 %	75%	75%
. consommation totale de bois	37 000 t	37 000 t	30 400 t
Production totale	11 400 MWh/an	11 400 MWh/an	11 400 MWh/an
dont production net bois	10 280 MWh/an	10 280 MWh/an	8 100 MWh/an
. production nette diesel	0	0	2 180 MWh/an
et cogénération vapeur	34 800 MWh_{th}/an	34 800 MWh_{th}/an	34 800 MWh_{th}/an
. électrification rurale	1 140 MWh/an	1 140 MWh/an	1 140 MWh/an
Coût			
. prix du bois	0	0	0
. équipement centrale 1.9 MW	2 300 MFCFA	2 500 MFCFA	2 050 MFCFA
. équipement total séchoir 1 000m^3	462 MFCFA	462 MFCFA	462 MFCFA
. maintenance	6%	4%	4%
. personnel	85,7 MFCFA	85,7 MFCFA	85,7 MFCFA
. carburant	0	0	183 MFCFA
. frais généraux	25% personnel	25% personnel	25% personnel
. taux d'actualisation	8%	8%	8%
Revenus du projet			
. coût du diesel substitué	300 FCFA/l	300 FCFA/l	300 FCFA/l
. plus value séchage	20 000 FCFA/m^3 séché	20 000 FCFA/m^3 séché	20 000 FCFA/m^3 séché
. coût évité de transport	20 000 FCFA/m^3 transporté	20 000 FCFA/m^3 transporté	20 000 FCFA/m^3 transporté
. marge bois blanc	15 000 FCFA/m^3	15 000 FCFA/m^3	15 000 FCFA/m^3

Tableau 13 : Résumé des principaux éléments économiques retenus pour les trois options étudiées

Le tableau 14 ci-après présente le niveau de rentabilité de l'option de base du projet avec une unité mixte de cogénération cycle vapeur/moteur à vapeur de 1.9 MW. Le taux interne de rentabilité s'établit à 28% avec un retour sur investissement de moins de 5 ans (55 mois) ce qui peut être considéré comme très attractif.

Ces résultats positifs permettent d'envisager favorablement la réalisation de ce projet malgré un contexte politique globalement peu favorable pour autant que le projet puisse bénéficier d'aide notamment en ce qui concerne la partie électrification rurale.

Les points forts :

Si l'on doit prendre en compte les risques de ruptures d'approvisionnement en

[2] La durée de vie du moteur n'est pas de 20 ans mais l'incidence sur le coût est négligeable.

Tableau 14 :Projet CIB POKOLA

Séchoirs installés 1000 m3 — Capacité électrique installée MW 1,9 — Nominale bois MW 1,32

		Année	1	2	3	4	5	6	7	8
Séchage m3/an	11 000		6 600	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000
Production électrique MWh	8 100			6 480	7 290	8 100	8 100	8 100	8 100	8 100
Capacité de production				60%	90%	100%	100%	100%	100%	100%

INVESTISSEMENTS

	px unitaire M FCFA	nb d'unités	Durée de vie	Année invest.	invest.	1	2	3	4	5	6	7	8
Chaudière	872	1	20	1	872	872							
Groupe turbo	820	1	20	2	820		820						
Séchoirs	462	1	20	1	462	462							
groupe diesel	77	1	20	2	77		77						
Genie civil	40	1	20	1	40	40							
Transport	190	1	20	1	190	190							
Manutantion	55	1	10	2	55		55						
Broyeur	50	1	20	1	50	50							
TOTAL INVESTISSEMENTS					2 566	1 614	952						
Niveau du B.F.R (2%/ CA)			1	1									
Besoins de financement													
COÛTS VARIABLES													
Achat bois		30 778	1	1									
Colisage	2,00	11,0	1	1	22	18	22	22	22	22	22	22	22
Manutention	1,80	1,0	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2
Traitement d'eau	0,06	17,0	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Carburant	0,30	610,4	1	1	183		110	183	183	183	183	183	183
Divers	30,00	1	1	1	30		18	30	30	30	30	30	30
COÛTS FIXES													
Maintenance	102,64	1	1	1	103	103	103	103	103	103	103	103	103
Frais généraux	12,25	1	1	1	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Personnel													
Exparié	37	1	1	2	37	37	37	37	37	37	37	37	37
Ouvrier	1,80	4	1	1	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Agent maitrise	2,80	9	1	1	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Manoeuvre	1,10	15	1	1	17	17	17	17	17	17	17	17	17
TOTAL COÛTS OPERATOIRES						220	353	438	438	438	438	438	438
TOTAL COÛTS						1 834	1 305	438	438	438	438	438	438
RECETTES													
Diesel écono.	0,30	2 268	1	1	680		408	612	680	680	680	680	680
Plusvalue séch	0,02	11 000	1	1	182	145	182	182	182	182	182	182	182
Transport	0,02	11 000	1	1	215	172	215	215	215	215	215	215	215
Marge Ayous	0,02	7 000	1	1	105	84	105	105	105	105	105	105	105
TOTAL RECETTES						401	909	1 113	1 181	1 181	1 181	1 181	1 181
CASH FLOW						-1 433	-396	675	743	743	743	743	743
CASH FLOW CUMULES						-1 433	-1 828	-1 153	-410	333	1 075	1 818	2 561

(durée en mois)		Année	1	2	3	4	5	6	7	8
Délais de récupération des fonds investis							55			
Temps de retour	10%							64		
Temps de retour	15%							71		

Taux Interne de Rentabilité	28%

Taux d'actualisation retenu	10%	15%

CALCUL DU PRIX DE REVIENT POUR UN TAUX DE RENTABILITE DE : 10% 15%

	10%	15%
C. G. A. M FCFA	4 678	4069
V.A Prod .(**)	40 458	31 849
Prix Rev. (***) kWh	115,63	127,74

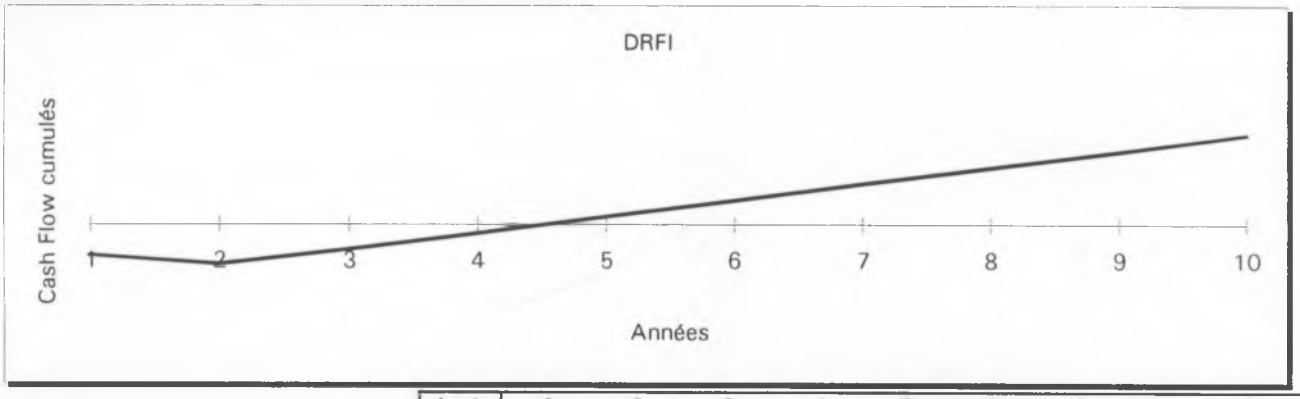
Coût global actualisé (Même méthode de calcul que la fonction VAN)

(**) Quantité totale de produits que l'on peut acheter sur l'ensemble de la période en investissant chaque année une unité monétaire corrigée du taux d'actualisation.

(***) Prix de revient nécessaire pour assurer une rentabilité interne de x% (TRI=x)

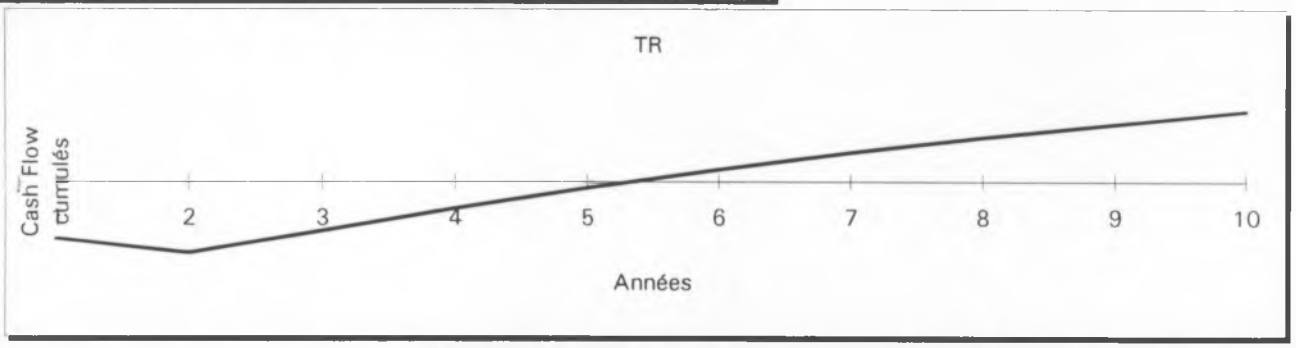
Délai de Récupération des Fonds Investis et Temps de Retour

Délai de Récupération des Fonds Investis



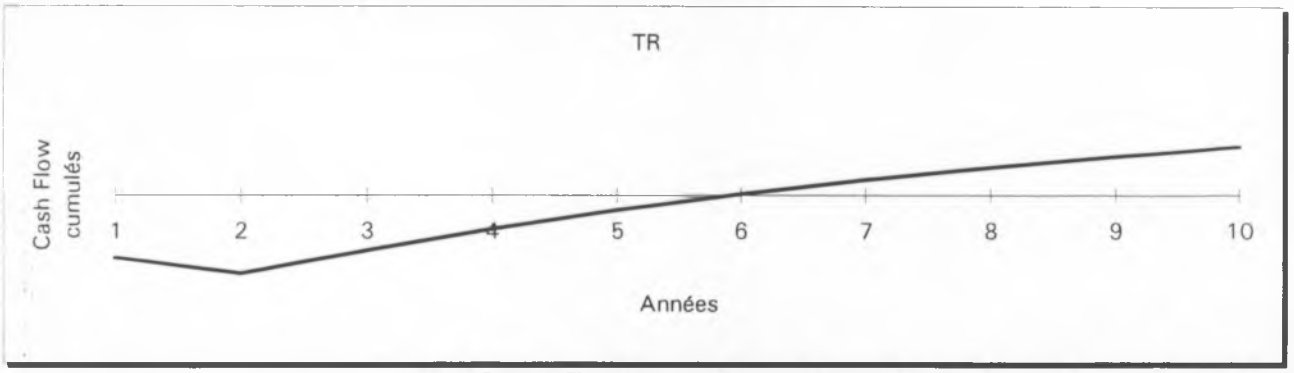
	Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CASH FLOW		-1 433	-396	675	743	743	743	743	743	743	743
CASH FLOW CUMULES		-1 433	-1 828	-1 153	-410	333	1 075	1 818	2 561	3 304	4 047

Temps de Retour pour un taux d'actualisation de : 10%



		Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CASH FLOW actualisé	10%		-1 433	-360	558	558	507	461	419	381	347	315
CASH FLOW CUMULES actualisés			-1 433	-1 792	-1 234	-676	-169	292	712	1 093	1 440	1 755

Temps de Retour pour un taux d'actualisation de : 15%



		Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CASH FLOW actualisé	15%		-1 433	-344	510	488	425	369	321	279	243	211
CASH FLOW CUMULES actualisés			-1 433	-1 777	-1 266	-778	-353	16	338	617	860	1 071

0,200

carburant consécutifs à l'éloignement et aux problèmes de transport il est clair que la solution bois offre de réels avantages en terme de sécurité de fonctionnement. Notons en effet que les revenus escomptables du projet ont été minimisés. Ainsi, n'ont pas été comptabilisés les coûts relatifs à l'élimination des déchets et aux risques d'incendie toujours possibles avec des feux ouverts. De même, les unités de séchage et de seconde transformation pourront permettre d'optimiser l'exploitation forestière par la valorisation de nouvelles essences, jusque là délaissées, et par la possibilité d'améliorer les rendements à la transformation.

Cette dernière remarque ne posant pas de problèmes à terme dans la mesure où on l'a vu les déchets disponibles sont largement suffisants.

L'option moteur à vapeur si elle apparaît légèrement plus coûteuse en terme d'investissement que l'option turbine n'en reste pas moins très intéressante du fait des économies escomptables au niveau des frais de maintenance du fait d'une plus grande robustesse des équipements, de leur moindre sensibilité à la qualité de l'eau., ...

L'option couplage turbine à vapeur avec un moteur diesel permet de limiter dans de fortes proportions le niveau d'investissement, moins de 2,1 milliards de FCFA pour l'unité complète soit une économie de plus de 400 millions. Par contre, les possibilités d'économie du fuel oil sont moins élevées ce qui fait légèrement baisser les résultats de l'analyse économique par rapport à une option tout bois. Cependant, signalons que ces chiffres sont le résultat d'une analyse économique et non pas financière. Ainsi, le recours à l'emprunt, en fonction du taux de prêts auquel la CIB peut prétendre peut changer radicalement la situation et rendre cette option beaucoup plus attractive financièrement que la précédente.

Cette installation permet la mise à disposition de 200 kW installé, soit ≈25 % de la capacité installée totale, pour les besoins de l'électrification rurale avec la mise en place conjointe d'un réel programme de développement économique. Compte tenu du coût de la génération électrique en moteur diesel, il est évident qu'une telle situation n'aurait pas pu voir le jour au delà des efforts déjà consentis dans ce sens par la CIB.

Compte tenu de la situation d'enclavement de la CIB et des avantages qu'offrent cette alternative en terme de flexibilité et d'autonomie en cas de panne ou d'arrêt de la chaudière bois, nous ne pouvons que recommander la mise en place de cette option. Rappelons que l'option couplage/écrêtage que nous préconisons est une solution largement éprouvée et la société Caterpillar (dont le devis est joint en annexe) à de très nombreuses références de ce type en France et en Europe.

Les points faibles :

- L'analyse économique précédente fait ressortir que 42 % des recettes escomptables du projet sont la conséquence du séchage alors que les investissements à convertir pour ces équipements ne représentent que 18% du coût total d'investissement. Une chaudière eau chaude susceptible de fournir l'énergie nécessaire au séchoir représenterait un coût de 150 MFCFA installé soit 20% du coût actuel de la chaudière ou un investissement global séchage de

612 MFCFA au regard des 2 600 MCFA actuels.

- La technologie représente globalement une opération pilote pour la région (même si elle est largement éprouvée dans d'autres contextes).

Ces deux remarques militent dans le sens d'un appui financier au projet afin de prendre en compte l'aspect démonstratif de l'opération et d'en prouver la faisabilité. Rappelons en effet que l'ensemble des UFA du Nord Congo ont été attribuées et que cette option pourrait se généraliser assez rapidement si la CIB s'engageait dans cette démarche.

5.8 – Analyse de sensibilité

Afin d'apprécier les risques inhérents à une mauvaise appréciation des éléments de la faisabilité, il a été procédé à une étude de sensibilité permettant d'apprécier l'influence de certains postes sur la faisabilité du projet. Ont été retenus pour ce faire :

- une analyse de sensibilité vis à vis du coût des matériels
- la prise en compte des coûts évités au niveau du traitement des déchets
- la sensibilité de l'investissement vis à vis du facteur de charge de l'unité de cogénération
- la variation du prix du carburant

L'ensemble des options retenues pour l'analyse de sensibilité est résumé dans la fiche signalétique de la page suivante.

Les résultats de l'analyse de sensibilité sont résumés dans le tableau 15. Ils mettent en évidence une plus grande sensibilité des résultats vis à vis de l'investissement par rapport aux autres facteurs. En effet :

- une baisse du niveau des investissements de 15% (tout à fait réaliste à ce niveau dans la mesure où les offres faites par les constructeurs sont des offres budgétaires non négociées) permettrait d'espérer un temps de retour proche des 4 ans et un TIR de 35%. Une subvention de bailleurs de fond en faveur de projet d'électrification rurale pourrait être de cet ordre dans la mesure où l'ensemble de la production électrique dévolue à l'ERD au niveau de Pokola dépasserait les 15% si les projets qui ont été recommandés devaient se faire.
- une hausse du niveau de l'investissement de 20% fait par contre chuter le TIR à 22% et augmenter le temps de retour à plus de 5 ans. Cette option n'est malheureusement pas à écarter si des conditions particulières devaient venir grever les coûts (sous évaluation des coûts de génie civil, hausse des coûts du transport, détaxe non obtenue pour une partie des matériels, problème de qualité d'eau,...). Notons cependant que malgré ce surcoût, l'opération reste réalisable surtout si une aide peut être apportée au projet compte tenu de son effet démonstratif et de son impact très positif sur l'environnement comme nous le verrons plus loin.
- une diminution du facteur de charge, c'est à dire de la quantité d'électricité réellement produite, de même qu'une augmentation du coût du diesel (nous

FICHE SIGNALITIQUE DU PROJET

		coef. de variation
Production électrique MWh	8 100	5%

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacité de production		60%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

INVESTISSEMENT

		px unitaire M FCFA	coef. de variation	Intervalle Mini.	Intervalle Maxi
Chaudiére		872	10%	-30%	30%
Groupe turbo		820	10%	-30%	30%
Séchoirs		462			
groupe diesel		77			
Genie civil		40			
Transport		190			
Manutantion		55			
Broyeur		50			
Diesel écon	(prix unitaire)	0,3			
	Quantité	2268	5%	-15%	15%
Plusvalue sé	(prix unitaire)	0,0			
	Quantité	11000,0			
Marge Ayou	(prix unitaire)	0,0			
	Quantité	7000			
Niveau du B.F.R (2%/ CA)					

COÛTS OPERATOIRES

		px unitaire M FCFA	coef. de variation	Intervalle Mini.	Intervalle Maxi
Achat bois					
Colisage		2,00			
Manutention		2			
Traitement d'eau		0			
Carburant		0			
Divers		30			
		COÛTS FIX			
Maintenance		103			
Frais généraux		12			
Personnel					
Exparié		36,70			
Ouvrier		1,8			
Agent maîtrise		2,8			
Manoeuvre		1,1			

Tableaux de sèlection de 5 critères de variation. *

Critères	Coef.	Série 1 1-3q	Série 2 1-2q	Série 3 1-q	Série 4 Référence	Série 5 1+q	Série 6 1+2q	Série 7 1+3q
Chaudiére	10,0%	-30,0%	-20,0%	-10,0%	-	10,0%	20,0%	30,0%
Groupe turbo	10,0%	-30,0%	-20,0%	-10,0%	-	10,0%	20,0%	30,0%
Séchoirs					-			
Diesel écono.	5,0%	-15,0%	-10,0%	-5,0%	-	5,0%	10,0%	15,0%
facteur de charge	5,0%	-15,0%	-10,0%	-5,0%	-	5,0%	10,0%	15,0%

* l'opérateur entrera le "code case" du nom du critére et du coef. correspondant
Par exemple, le nom du premier critére sera enrergistré dans la case A150 en écrivant la position du nom ("=" puis cliquer sur la case du critére sélectionné. Même chose pour le coefficient de variation.

n'avons retenu il est vrai que 10% d'augmentation) n'infléchissent que modestement les résultats du projet. Il est vrai que l'influence de ces facteurs est pondérée par les économies réalisées grâce aux séchoirs qui représentent 35% des résultats du projet. Une diminution conjuguée du facteur de charge de la centrale et de la plus value escomptable au niveau du bois sec aurait certainement un impact plus négatif sur le projet.

- la prise en compte du coût évité estimé pour l'élimination des déchets n'a pas d'influence sur le projet.
- par contre la prise en compte des aspects environnementaux conjuguée à une aide sous forme de subvention pour le projet d'électrification rend le projet plus réaliste au niveau industriel.

Les tableaux élaborés dans le cadre de cette analyse de sensibilité sont donnés en annexe.

Scénario	Investissement (MMFCFA)	Prix du carburant (FCFA/l)	Coût évité déchets (M FCFA)	Facteur de charge (MWh/an)	TIR (%)	DRFI (mois)
Hypothèse de base	**2,6**	**300**	**0**	**8 100**	**28**	**55**
Baisse des investissements - 15%	2,2	**300**	**0**	**8 100**	35	48
Hausse des investissements + 20%	3,0	**300**	**0**	**8 100**	22	62
Hausse du diesel + 10%	**2,6**	330	**0**	**8 100**	31	52
Coût évité brûlage	**2,6**	**300**	10,5	**8 100**	29	54
Facteur de charge – 15%	**2,6**	**300**	**0**	6 890	23	60
Facteur de charge + 5%	**2,6**	**300**	**0**	8 500	30	53
Prime carbone	**2,6**	**300**	17	**8 100**	29	53
Prime carbone + subvention 15%	2,2	**300**	17	**8 100**	40	46

Tableau 15 : Résultats de l'analyse de sensibilité

5.9 - Autres bénéfices du projet

Outre les avantages purement économiques escomptables du fait de la substitution bois/diesel plusieurs retombées sociales et environnementales sont liées à la mise en place d'une unité de cogénération au bois.

5.9.1 - Aspects sociaux

La mise en place des infrastructures proposées devrait offrir de nombreux avantages au projet mais qui restent difficiles à intégrer en terme économique dans l'analyse de faisabilité.

Ainsi, l'installation d'un château d'eau avec la mise en place d'une station de pompage doit :

- améliorer la qualité de vie des femmes et des enfants qui ont aujourd'hui la charge de la collecte de l'eau
- améliorer la qualité de l'eau et permettre un traitement minimum ce qui devrait se traduire pour la CIB par une diminution des frais médicaux et de l'absentéisme dû aux nombreuses maladies véhiculées par l'eau.

Nous pensons cependant que le bénéfice social le plus important devrait venir de la plate-forme multifonction du « centre artisanal » installé dans le village. En effet, un frein majeur du développement rural réside dans l'absence de valeur ajoutée en milieu rural faute de transformation. La mise à disposition d'électricité susceptible de faire fonctionner des machines (tour à bois, moulin, décortiquerie,...) devrait palier à cet inconvénient et être à l'origine d'un essor économique endogène significatif (aujourd'hui seul la CIB est à l'origine de ce développement économique). La formation de personnel au métier du bois va dans le même sens et le marché est important quand on voit la piètre qualité du mobilier proposé au ménage africain.

5.9.2 - Aspects environnementaux

La substitution du diesel par le bois pour la production d'électricité permet une économie de quelques 800 Tep/an (à raison de 1 Tep pour 1 200 l) sur la base de la consommation 1998 et permettrait une économie de 1 900 Tep/an à terme si l'ensemble des installations proposées est réalisé.

Cette substitution a un impact important en terme environnemental à deux niveaux :

- Par la substitution a proprement parlé. Avec 85,9% en masse de carbone par kg de diesel, sa combustion dégage 3,15 kg de CO_2 à l'atmosphère. Ainsi, la substitution permet une économie d'émissions de C de 690 t de carbone par an dans l'hypothèse actuelle et quelques 1 700 t/an à terme si le projet devait se réaliser. En outre la combustion de diesel en moteur est à l'origine d'autres pollutions non prises en considération ici.

Sur la base d'une rémunération de 100 FF la tonne de carbone évité (ordre de grandeur en cours de discussion au niveau international), la « rémunération » escomptable de la CIB pour ses efforts pourrait être de 17 MFCFA/an sans considérer la réduction des émissions dûes au brûlage qui doit en toute logique faire partie de la responsabilité de la CIB.

- Par l'élimination du brûlage des déchets. En effet, les déchets sont actuellement brûlés en pure perte et dans de très mauvaises conditions de combustion ce qui se traduit par la formation de nombreux COV (composés organiques volatiles) à l'impact sur l'effet de serre bien supérieur. En ne considérant que le CH_4 émis, la combustion d'une tonne de bois dans de mauvaises conditions se traduit par l'émission de 0,65 kg de CH_4/GJ, l'utilisation rationnelle des déchets au niveau du projet de cogénération permettrait une économie de 43 000 t x 10 GJ/t x 0,65 = 279 t CH_4 par an qui sont aujourd'hui émises à l'atmosphère. Sachant que le CH_4 a un impact sur l'effet de serre 60 fois supérieur au CO_2, l'économie additionnelle réalisée sera au minimum de 17 000 t d'équivalent CO_2 .

5.9.3 – Impact sur l'exploitation forestière

La mise en place d'une unité de séchage et de seconde transformation devrait avoir un impact significatif sur la forêt. En effet les séchoirs permettront de valoriser des essences peu durables du type Ayous et de se diversifier vers d'autres essences moins connues mais présentant des niches de marché en produit sec.

La seconde transformation quant à elle devrait permettre :

- La diversification comme précédemment afin de mieux répondre aux besoins du marché et d'intégrer la plus value de la transformation à la CIB (même si ces marchés ne sont pas faciles).
- d'améliorer l'efficacité de l'exploitation forestière en évitant de transporter une partie de la matière première qui va se retrouver sous forme de déchets (après transformation) dans les pays importateurs.
- d'améliorer le rendement globale de la transformation au niveau de la CIB.

ANNEXES

ANNEXE 1

TABLE DE SECHAGE DE QUELQUES ESSENCES EXPLOITABLES PAR LA CIB

Tables de séchage de quelques essences exploitables par la CIB

Séchage lent :

DOUSSIE (*Afzelia africana, bella, bipindensis, pachyloba*)
ILOMBA (*Pycnanthus angolensis*)

Humidité du bois (% b.s.)	Températures de l'air		Humidité relative de l'air (%)
	sèche (°C)	humide (°C)	
préchauffage	40	39	94
vert - 40 %	40	38.5	91
40% - 30 %	42	40	88
30 % - 25 %	44	41	81
25% - 20 %	46	41	74
20% - 15 %	48	40.5	64
< 15 %	50	39	51

Séchage lent à normal :

ANIEGRE (*Aningeria robusta, superba, altissima*)
BOSSE (*Guarea cedrata, thompsonii*)
SAPELLI (*Entandrophragma cylindricum*)

Humidité du bois (% b.s.)	Températures de l'air		Humidité relative de l'air (%)
	sèche (°C)	humide (°C)	
préchauffage	40	39	94
vert - 40 %	45	43.5	91
40% - 30 %	50	47	85
30 % - 25 %	55	49.5	76
25% - 20 %	60	53	70
20% - 15 %	65	53	54
< 15 %	70	54	45

Séchage normal :

IROKO (*Milicia excelsa, regia*)
LONGHI (*Gambeya spp.*)
MOABI (*Baillonella toxisperma*)
SIPO (*Entandrophragma utile*)

Humidité du bois (% b.s.)	Températures de l'air		Humidité relative de l'air (%)
	sèche (°C)	humide (°C)	
préchauffage	45	43.5	91
vert - 40 %	50	47	85
40% - 30 %	52	47.5	78
30 % - 25 %	55	48.5	70
25% - 20 %	62	52	60
20% - 15 %	70	56	50
< 15 %	75	56	40

Séchage rapide :

AYOUS (*Tripochiton scleroxylon*)
LIMBA (*Terminalia superba*)

Humidité du bois (% b.s.)	Températures de l'air		Humidité relative de l'air (%)
	sèche (°C)	humide (°C)	
préchauffage	55	52	85
vert - 40 %	60	55.5	80
40% - 30 %	63	57	75
30 % - 25 %	68	60.5	70
25% - 20 %	72	61	60
20% - 15 %	75	60	50
< 15 %	80	60	40

ANNEXE 2

EXEMPLE D'INSTALLATION SIMILAIRE
REALISEE AVEC LE CONCOURS DU CIRAD-Forêt

No. 29/MA/BE, April 1993

EC-ASEAN COGEN PROGRAMME

DEMONSTRATION PROJECT

"Heat and Power production from wood-wastes"

Background

Several wood industries in ASEAN countries are facing the problems of power supply in remote areas on one hand, and wood-wastes disposal on another hand.

The high running costs of diesel generators and the regulations for environment protection preventing waste disposal by incineration led a wood industry in Bentong, West Malaysia, to select a cogeneration plant for its new woodworking factory.

The installation

The cogeneration plant which will be completed in August 1993 consists of :

- an automatic system for silo unloading and boiler feeding;
- a boiler, 16 ton/h, 22 bar, superheated steam;
- a water treatment plant;
- a dust collector;
- one backpressure turbine : 16 ton inlet at 22 bar, outlet at 6 bar;
- one condensing turbine : 12 ton inlet at 6 bar, outlet at 0.25 bar.

The plant supplies all the electricity needed for the complete factory (sawmill and moulding), as well as 4 tons of steam for the kiln drying operation. Special attention was given to ecological aspects. The installation meets the applicable environ-mental standards.

Investment and Economic Analysis

The total equipment cost amounts to ECU 1,343,000 excluding civil work and building structure.

Based on two-shift operation of the wood working complex, the cogeneration plant will save every year :

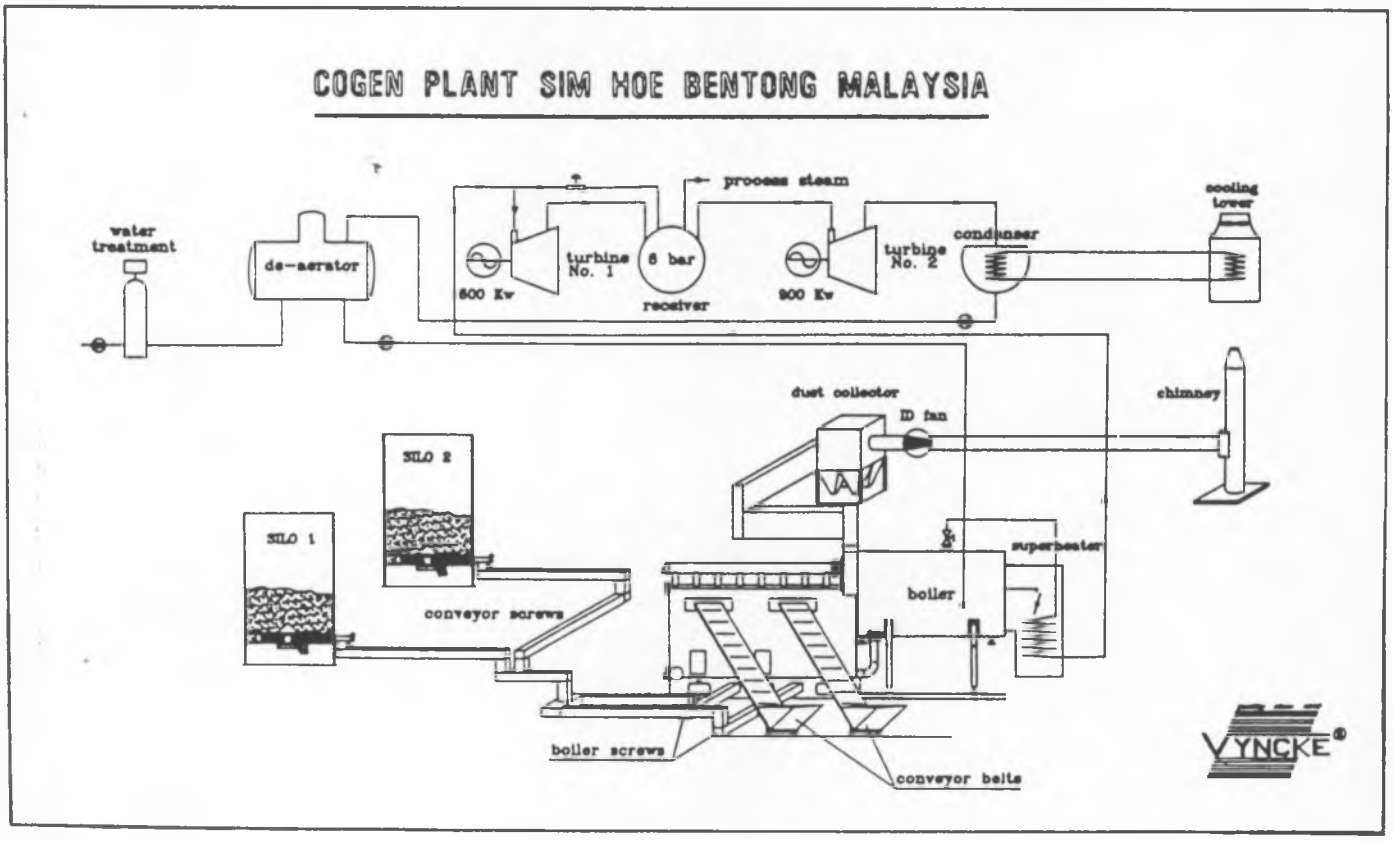
- 2,200 tons of diesel oil (electricity)
- 1,200 tons of bunker oil (kiln dryer)

Furthermore, since wood wastes are used as fuel, there is no need for an open furnace incinerator, which would cost about ECU 150,000.

Based on bunker and diesel oil prices, a payback period of 2.2 years and an internal rate of return of 53% before taxes are expected from this investment.

The EC-ASEAN COGEN Programme contribution to this project amounted to ECU 150,700 for the equipment and ECU 30,000 for training expenses of the plant operators and of local partners of the suppliers.

Furthermore, a measurement campaign will be conducted on the installation to check its real performances.



Technical Description

- *Wood wastes storage, transport and automatic feeding*

Small particles, sawdust and mouldings, are stored in two silos, one for dry waste, the other for wet waste. Each silo is equipped with an unloading system that takes into account the characteristics of the waste (size and moisture content), and prevents bridging. Each system consists of a rotor, two sweeping arms and two screw conveyors. One screw is delivering fuel to feedstoker. The other screw is designed to convey higher volumes, bringing fuel from the silo to an external recipient (truck or container) whenever this is needed.

Wet and dry waste from both silos are mixed during transport and brought to the feeding screws by a distributor.

The boiler is equipped with 2 different automatic feeding systems : 2 underfeed stokers and 2 metering belt conveyors. Screws are used for smaller particles. Wood pieces are fed by the belt conveyors. The feeding by both systems is automatically controlled and coordinated by the control panel in function of the steam consumption.

- *Combustion grate and boiler*

The boiler is of the combitype, with a watertube furnace and a firetube drum. The limited refractory lining and the special form of the furnace enable a maximum heat transfer through radiation; the large drum ensures ample steam production.

The position of the feeding systems optimizes the combustion surface of the cast iron grate. Smoke free combustion is achieved through modulating underpressure control, matching the quantity of air with the amount of fuel in the boiler. Ash removal is done from the furnace with the semi-automatic tipping grate, from the tubes with steam powered sootblowers and from the flue gases with a multicyclone dust collector.

- *Turbine*

Steam from the boiler is led to a first single stage backpressure turbine with a generating capacity of 600 kW. Part of the outcoming steam (4 tons) at 6 bar goes to the kiln drying section, the remaining 12 tons go to a condensing turbine generating 900 kW. Steam is condensed in the cooling tower. The condensate from the kiln dryer and the second turbine are pumped back to the boiler feed water tank.

Contacts:

- EC-ASEAN COGEN Programme

AIT
G.P.O. Box 2754
Bangkok 10501
THAILAND
Telefax : 66-2-5245396

- End-user

Sim Hoe Wood Industry Sdn.,Bhd. 11 Jalan SG 1/6 Taman Sri Gombak
68100 Batu Caves
Malaysia
Tel : 60-3-6893005
Fax : 60-3-6896818

- Main Contractor and Boiler

VYNCKE N.V.

* Head office
  Gentsesteenweg 224,
  B-8530 Harelbeke,
  BELGIUM
  Tel: 32-56-718231
  Fax: 32-56-704160

* Regional office Malaysia
  Tel : 60-3-7464019
  Fax : 60-3-7463793

* Malaysian partner and fabricator
  AMCG (M) Sdn. Bhd.
  Tel : 60-3-7461389
  Fax : 60-3-7463795

Turbine

Turbinenfabrik J Nadrowski GmbH
Postfach 6104
Auf dem Esch 28
D-4800, Bielefeld
Germany

Agent :
Jebsen and Jessen Engineering (M) Sdn. Bhd.
Telefax : 603-7759130

The EC-ASEAN COGEN PROGRAMME

A cooperation programme between the Commission of the European Communities and the Association of South East Asian Nations (ASEAN) coordinated by the Asian Institute of Technology (AIT, Bangkok, Thailand). Its aim is to accelerate the implementation of proven technologies generating heat and/or power from wood and agro-industrial residues through joint ventures between EUROPEAN and ASEAN companies.

Some technologies are technically and economically viable but have not yet been implemented in ASEAN because they are not well-known and have not been tested in local conditions. To overcome this obstacle, the EC-ASEAN COGEN PROGRAMME can bring technical and financial assistance to implement FULL SCALE DEMONSTRATION PROJECTS (FSDP), such as the one described in this leaflet.

ANNEXE 3

DEVIS ELABORE PAR QUELQUES FOURNISSEURS DE MATERIEL DONT LES CHIFFRES ONT ETE UTILISES POUR L'EVALUATION DE LA FAISABILITE

49 40 789 1750

SPILLING
ENERGIE SYSTEME

Spillingwerk GmbH · Werftstr. 5 · D-20457 Hamburg

CIARD-Forêt
attn. Mr. Philippe Girard
73 Rue JF Breton
F-34032 Montpellier Cedex 1

Fax: 0033 - 4 67 61 44 15

SPILLINGMOTOR
MODULARSYSTEM
Spillingwerk GmbH
Werftstraße 5
D-20457 Hamburg
Telefon 040 / 789 17 50
Telefax 040 / 789 28 36
USt-IdNr. DE 118614263

Ihr Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unser Zeichen / Durchwahl	Datum
	14.10.99	Au/-35	22.10.99

Quotation No.: 14710/Au
Project: Cogeneration Plant for Saw Mill in North Congo

Dear Mr. Girard,

Referring to our telephone conversation we submit our quotation for the equippment for a 1,3 MW steam power plant incl. engineering and supervision of erection on site. The power generation will be done by two four-cylinder engine sets.

The layout parameters and the scope of supply is shown on the following pages.

Layout Parameters

Steam Boiler (not part of Spilling supply)

steam boiler (exit):	29	bar(g)	300 °C	
steam production max.:		~ 16	t/h	

Steam Engine Generator Set (Data per Set)

steam engine inlet:		28	bar(g)	295 °C
steam engine outlet:		0,5	bar(g)	~110 °C
steam flow rate:	max.	7,1	t/h	
shaft output:		700	kW	
electrical output:		660	kW	
generator voltage:	400 V / 50 Hz			
total power generation capacity:		**1.320**	**kW**	

Condenser for Heat Water Generation:

heat transfer capacity:	6.000	kW
steam flow rate:	10	t/h
steam inlet pressure:	0,5	bar g
heat water discharge temperature:	90	°C
heat water return temperature:	70	°C

Air Cooled Condenser for Surplus Exhaust Steam

heat transfer capacity:	6.000	kW
steam flow rate:	10	t/h
steam inlet pressure:	0,5	bar g
cooling air intake:	35	°C

Live Steam Pressure Reducing Station

steam flow rate max:	10	t/h
steam inlet pressure:	28	bar g / ~ 300 °C
steam outlet pressure:	0,5	bar g / ~ 120 °C

Scope of Quotation:

2 Spilling steam engine generator sets

- **Spilling steam engine, type TS (oil free)**
- synchronous generator, with voltage and power factor control
- speed governor for isolated and parallel operation of generating set
- engine and generator premounted on skid
- damper elements for flexible installation

Switchboard for parallel and isolated operation

- generator panel for set no. 1
- generator panel for set no. 2
- synchronising panel
- panel for monitoring system
- panel for condenser control and auxilliary drives

Heat water steam condenser

- condenser unit with subcooling unit
- all components premounted on a steel frame
- accessories

Surplus steam condenser

- air cooled steam condenser
- inclined design with supporting structure
- variable fan speed control in relation to engine backpressure

Pressure reducing station

- pressure reducing control valve
- steam desuperheater with condensate injection
- accessories for manual acuated by pass

Condensate system

- rectangular condensate tank
- 2 condensate return pumps
- condensate injection pump

Piping, wiring, insulation material

- Pipings, fittings and valves for steam, condensate, water, etc. inside engine room / boiler house
- Wiring material for engines, generators and auxiliaries inside the engine room / boiler house
- Insulation material

Engineering and supervision of erection

- system and component layout
- component specification
- preparation of drawings
- supervision of erection on site
- commissioning of the plant

Budget Price: **DM 2.450.000.--** ex works Hamburg

Not included in this budget quotation are civil works (e.g. boiler house), start-up diesel gen-set, any equipment or works outside the boiler and engine house, staff for erection, local taxes and fees, any permits for operation, buildings or import of equipment.

Time of delivery ex works: 9 months after receipt of technically and comercially clear order and advance payment

Payment:

1.	30 %	with order
2.	30 %	half time of delivery
3.	35 %	with readyness for dispatch
4.	5 %	after start up of the plant, latest 4 mounts after readyness for dispatch

Payment no. 2 - 4 by irrevocable, confirmed LC, payable against forwarder receipt at our bankers or as agreed with order

Warranty: 12 months beginning with comissioning, longest 18 month after readyness for dispatch

Technical Standards: The components will be delivered according German technical standards e.g. DIN, VDE, TÜV, etc.

Validity of quotation: This quotation is valid until 31.12.1999.

Responsable project engineer: Till Augustin, telephone: ++49 - 40 - 78 91 75 - 35

We hope, that our offer is interesting for you. Looking forward to your comments we remain with

with best regards

SPILLINGWERK
GmbH

H.Kiehne T. Augustin

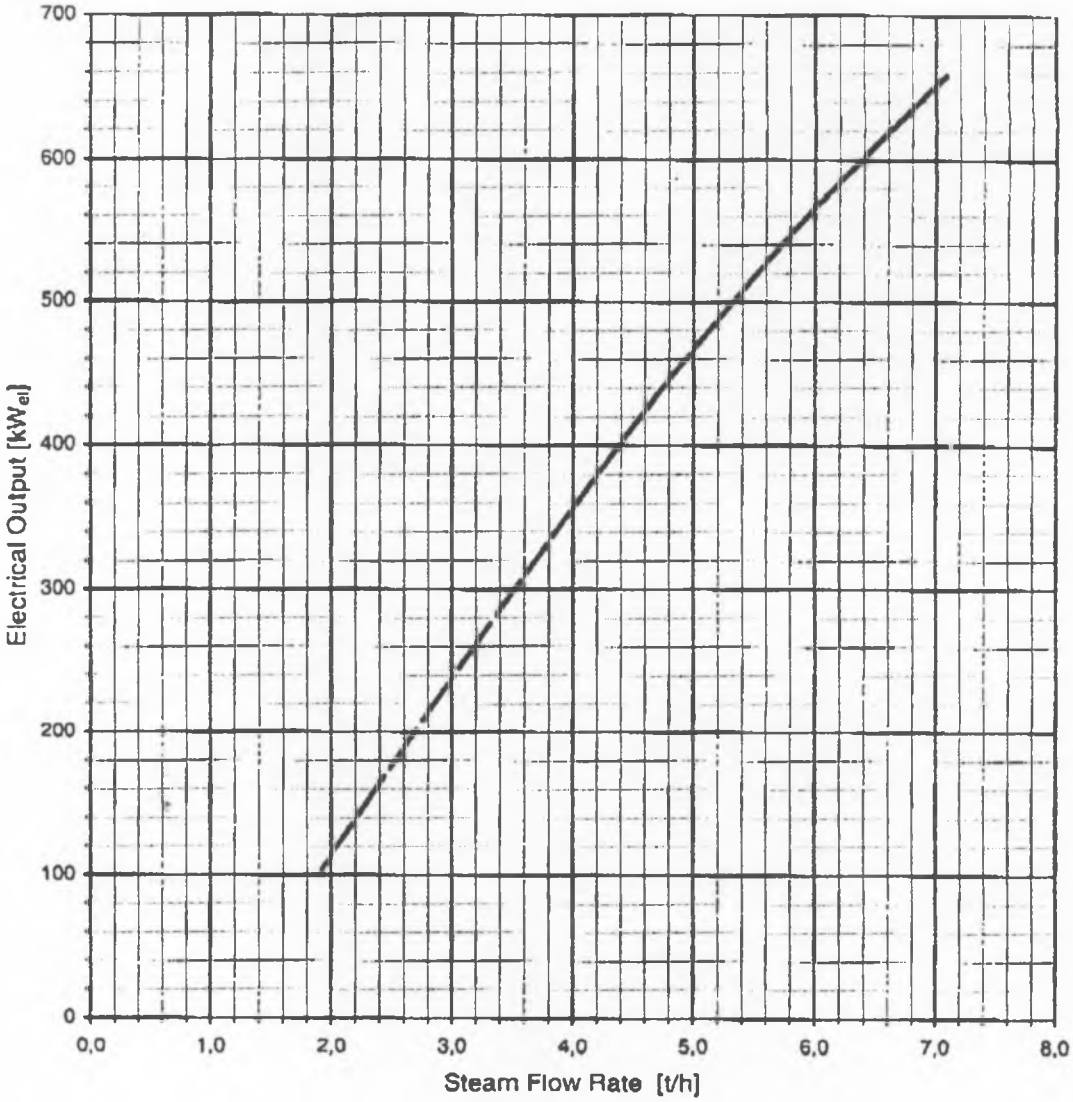
Enclosures: 3 pages

SPILLING ENERGIE SYSTEME

SPILLING STEAM MOTOR - Generator - Set

(Electrical Output - Steam Flow Rate)

Engine Type:		2/ 2-H12 TS
Number of Expansion Stages:		2
Number of Cylinders:		4
Speed:	[rpm]	1000
Generator Rating:	[kVA]	820
Voltage:	[V]	400
Frequency:	[Hz]	50
Boiler (Exit):	[barg] / [°C]	28,0/ 300
Inlet - Engine:	[barg] / [°C]	27,0/ 295
Outlet - Engine:	[barg]	0,5

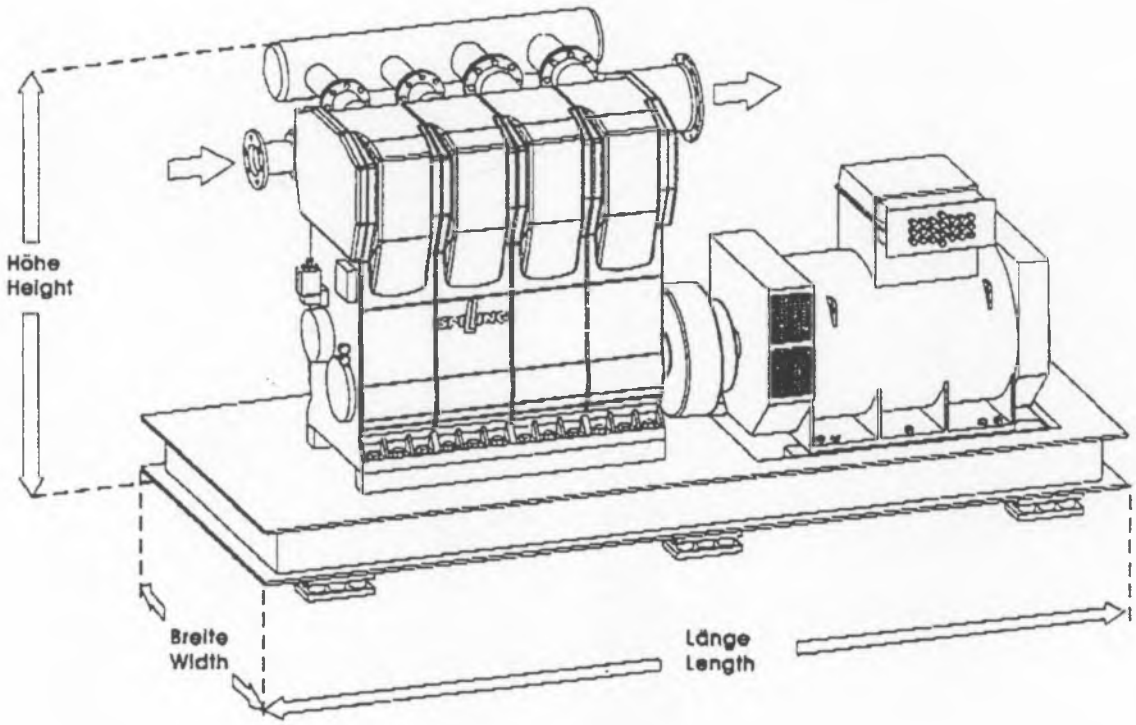


Project: CIRAD-Forêt / Sawmill North Kongo
Steam Power Plant

Chart: Da 5571
Name: Au
Date: 22.10.99

SPILLING ENERGIE SYSTEME

SPILLING Dampf - Aggregat
SPILLING Steam Engine Package Unit



Motor Engine		Typ / Type 12 / 14						Typ / Type 7				
Zylinder No. of Cylinders		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
Drehzahl Speed	1/min r.p.m.	750 ... 1000						1000 ... 1500				
Länge Length	m	4	4,5	5	5,5	6	7	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
Breite Width	m	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Höhe Height	m	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	2	2	2	2	2
Gewicht Weight	t	13	16	18	21	24	27	1,5	2,3	3,0	3,7	4,5

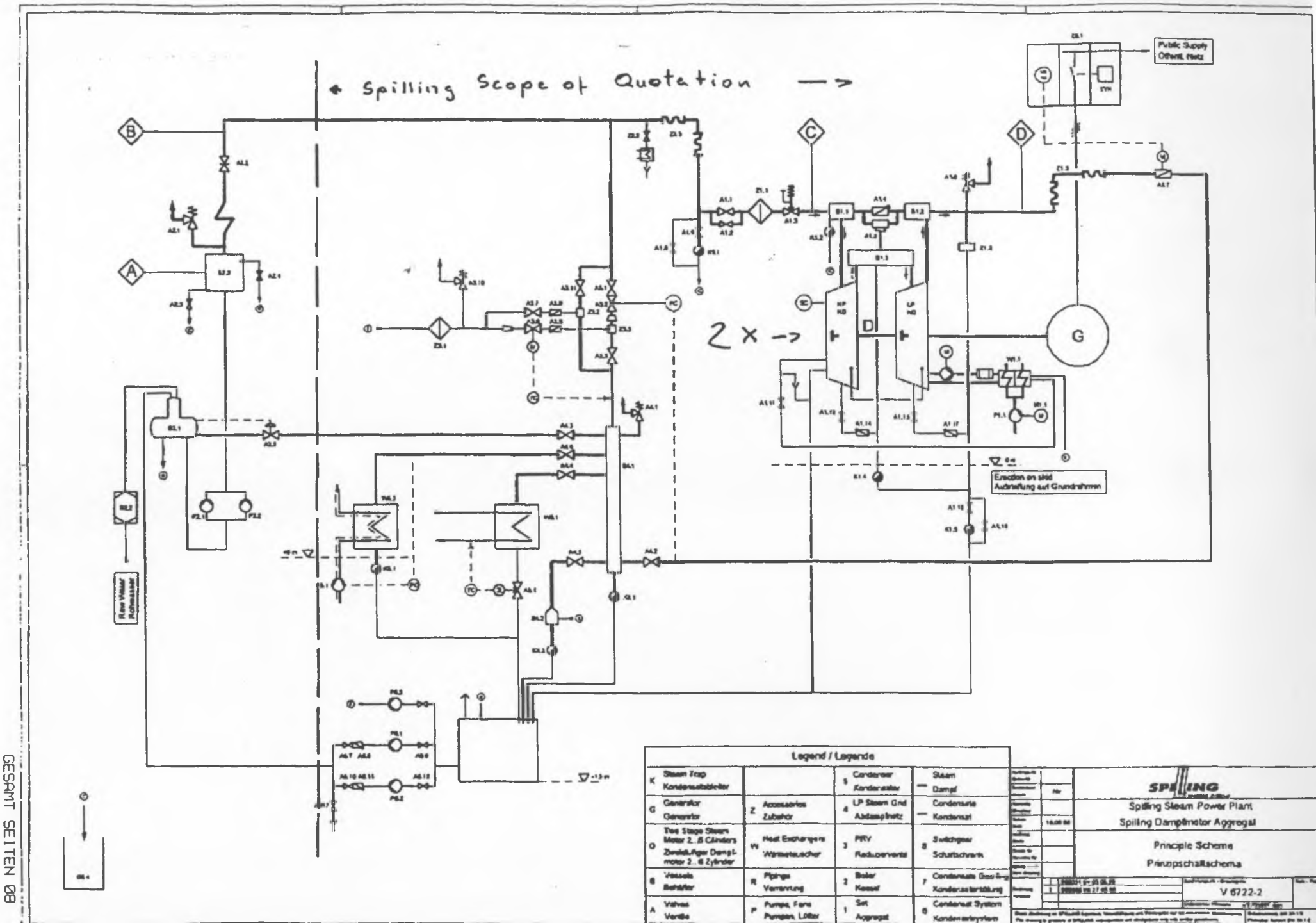
Ansicht und Maße unverbindlich. Measurements not obligatory.

Ma 356-5 Blatt 1 / 2

27.08.1999 / Fi

MA365_5 XLS
Motor

Spillingwerk GmbH • Werftstrasse 5 • D-20457 Hamburg • Germany
Tel: +49(0)40-7891-75-0 • Fax: +49(0)40-7892836 • Email: spilling.sales@t-online.de



GESAMT SEITEN 08

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

quality since 1912

VYNCKE

OFFRE

d'une

Vyncke – installation pour la cogénération d'énergie à partir des déchets de scierie de CIB

pour la société

CIRAD - Forêt

Quotation Nr. 19990195

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

1. Contenu

1. Contenu **2**
2. Données techniques **3**
2.1. Bilan energétique 3
2.2. Combustible 3
2.3. Emissions 3
3. Description de l'installation **4**
3.1. Système d'extraction de silo à fond mobile 4
3.2. Bande transporteuse de dosage pour l'alimentation en morceaux 5
3.3. Chambre de combustion avec grille à gradins incorporée 6
3.4. Evacuation des cendres humides par transporteur à chaine 8
3.5. Chaudière à vapeur combinée tubes d'eau - tubes de fumée 9
3.6. Surchauffeur 11
3.7. Traitement d'eau 12
3.8. Système de dégazage 12
3.9. L'extraction des fumées 12
3.10. Multicyclone pour le dépoussiérage des fumées 13
3.11. Cheminée 14
3.12. Armoire de commande pour un fonctionnement automatique 15
4. Conditions de vente **16**
4.1. Limites de la fourniture 16
5. Prix **18**
5.1. Conditions de paiement 19
5.2. Delai de livraison 19
5.3. Garantie 19
5.4. Durée de validité de l'offre 20
5.5. Conditions de vente 21

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

2. Données techniques

2.1. Bilan energétique

Ce document décrit la solution Vyncke pour la cogénération d'énergie à partir de déchets de scierie de la CIB.
L'installation généra 17 tonnes de vapeur à l'heure à 30 bar et surchauffée à 300°C. La vapeur sera utilisée partiellement pour la génération d'électricité et partiellement pour le séchage du bois.
L'eau d'alimentation est donné à 80°C.
Le pouvoir énergétique de l'installation est 10.79 Gcal/h.

2.2. Combustible

Combustible	mélange des sciures, chutes de bois massifs et des écorces
Pouvoir calorifique inférieur (*)	Approx. 2.200 kcal/kg
Humidité	45% sur brut
Dimensions	max. (150x50x20)mm
Densité	max. 400 kg/m³
Teneur en cendres	env. 2 %
Point de ramollissement des cendres	min. 1100 °C
Consommation de combustible	env. 7085 kg/h

Le combustible ne peut pas contenir des substances nocives ou toxiques (par ex.: P.V.C., chlore, produits pour le traitement du bois, des métaux lourds...).

(*) La capacité de la chaudière est garantie avec un P.C.I. de 2.200 kcal/kg. Si le pouvoir calorifique inférieur est plus bas, il en résultera une baisse de la capacité.

2.3. Emissions

Etant donné les changements constants en matière de réglementation sur les émissions, nous conseillons au client de s'adresser aux autorités compétentes pour connaître les normes actuelles et éventuellement futures en matière de restriction des émissions. En fonction des normes imposées, VYNCKE vous proposera la solution la mieux adaptée.

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

3. Description de l'installation

La chaudière à biomasse est considérée comme une solution clef-en-main. Cela veut dire que les conditions de livraison sont en partance d'une silo et finissant par la cheminée. Tous les matériaux nécessaires sont inclus.

3.1. Système d'extraction de silo à fond mobile

Le système d'extraction type ESB a été conçu pour la mise en silo et le transport des déchets humides et/ou volumineux (comme la sciure, les écorces, ...).
Le système ESB se compose de plusieurs cadres métalliques qui glissent sur un plancher en acier. Ces cadres, commandés par des cylindres hydrauliques, entraînent le combustible vers l'extrémité du silo.
Une bande transporteuse horizontale réceptionne le combustible et l'achemine vers le système d'alimentation de la chaudière.
Le système entier est commandé par un détecteur de niveau sur le réservoir du système d'alimentation de la chaudière.

Fiche technique:

Longueur	7.75	m
Largeur	6	m
Max. hauteur	4	m
Max. densité des combustibles	400	kg/m³

La livraison comprend:

- Tôle métallique à fixer sur le sol
- Cadres métalliques
- Cylindres hydrauliques (1 par cadre)
- Commande hydraulique avec réservoir d'huile, pompe à piston plongeur et vanne de réglage, filtre, manomètre, soupape de sûreté
- Bande transporteuse d'évacuation comprenant :
  - moteur électrique
  - réducteur de vitesse
  - transmission à chaîne
- Contrôle de niveau optique. Lorsque le niveau de combustible sur la bande horizontale est trop élevé, la désileuse est arrêtée.
- Détecteur de niveau dans la trémie de la bande d'alimentation de la chaudière.

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

Remarque : Pour fixer le système entier au sol, des poutrelles doivent être coulées dans le béton. Ces poutrelles ne sont pas comprises dans la livraison.

3.2. Bande transporteuse de dosage pour l'alimentation en morceaux (Type: DTB, version en fosse)

Le combustible est amené dans la trémie de la bande transporteuse. La bande transporteuse inclinée amène le combustible dans le foyer par l'intermédiaire d'un goulot à double clapet.
Le clapet supérieur s'ouvre et une quantité relativement petite de combustible est déversée dans le goulot.
Ensuite, le clapet supérieur se referme et le clapet inférieur s'ouvre de sorte que le combustible tombe dans le foyer. Après un certain temps, une nouvelle petite quantité est introduite dans le foyer et ce, jusqu'à ce que la température ou la pression désirée soit atteinte.
En fonction de la densité, de l'humidité et de la taille du combustible, la quantité et la fréquence d'alimentation peuvent être réglées.

La livraison comprend :

- Goulotte de chargement à travers la paroi de la chambre de combustion
- 2 clapets à commande pneumatique, le clapet inférieur étant revêtu d'un matériau réfractaire
- Bande transporteuse de dosage, pourvue de crampons adaptés au combustible spécifique
- Châssis avec galet de guidage et de tension, pourvu d'une surface de guidage ou de galets support éventuels
- Les bandes d'une longueur de plus de 5 m sont dotées d'un système de freinage
- Trémie de stockage
- Commande comprenant :
  - moteur électrique
  - réducteur de vitesse
  - transmission à chaîne
  - tendeur de chaîne
- Double protection thermostatique contre les incendies :
  - conduite d'arrosage avec 1 ou plusieurs gicleurs
  - vanne commandée par thermostat avec sonde de température
  - thermostat mécanique à tube capillaire

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

3.3. Chambre de combustion avec grille à gradins incorporée (Type DWS AD 240)

Chambre de combustion
La chambre de combustion est munie d'un système de combustion pour combustibles humides et/ou à haute teneur en cendres. L'ensemble est constitué d'une seule construction solide, placée directement sur le sol. Il ne faut donc pas prévoir de travaux de construction spéciaux.

La chambre de combustion se compose d'un squelette en tubes à eau, revêtu de plusieurs couches de béton isolant et réfractaire. L'ensemble est revêtu d'une tôle d'acier laquée. Un ballon de vapeur, raccordé aux tubes d'eau, sert de vase d'expansion. La vapeur basse pression est extraite de ce ballon pour assurer le préchauffage de l'air de dilution.

Grille à gradins dynamique refroidie par eau
La chambre de combustion est disposée sous le foyer et en partie également dans le foyer de la chaudière. En fait, le foyer à écran de tubes d'eau peut être considéré comme une chambre de combustion à laquelle la grille de combustion est incorporée.

La grille se compose de gradins refroidis par eau, construits entre deux collecteurs d'eau. La circulation forcé de l'eau assure le refroidissement en continu de la grille. L'énergie absorbée par l'eau est entre autres utilisée pour préchauffer l'air de combustion.

Entre les gradins refroidis par eau se trouvent des grilles en fonte mobiles, à commande pneumatique. Ces grilles mobiles assurent l'avancement du combustible sur la grille à gradins.
La grille est divisée en plusieurs zones. Dans chaque zone, les différents paramètres de combustion (temps de séjour, hauteur du lit de combustible, quantité d'air) peuvent être réglés séparément. Ce faisant, la combustion peut être optimisée en fonction du type de combustible utilisé. Les parois du foyer sont revêtues de béton réfractaire jusqu'à une certaine hauteur afin d'obtenir la température de combustion désirée.

Caractéristiques spécifiques :

Longévité accrue de la grille grâce au refroidissement par eau
Grâce au refroidissement par eau de la grille, la température du matériau de la grille reste relativement basse de sorte qu'il n'y a pour ainsi dire pas d'usure des grilles.

La circulation d'eau dans la grille permet d'utiliser des combustibles tant secs qu'humides.

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

Etant donné que la circulation de l'eau, par une pompe de circulation électrique, se fait d'une manière continue et bien répartie entre les différentes grilles, chaque grille individuelle est protégée par le refroidissement optimalisé (absorption variable d'énergie).
En cas de coupure de courant, un moteur diesel démarre immédiatement pour assurer le refroidissement de la grille.

Réduction de la formation de mâchefer
Grâce au refroidissement par eau de la grille, la température de la grille reste relativement basse de sorte que la formation de gros mâchefer est sensiblement réduite.

Quantité très réduite d'imbrûlés qui passent à travers la grille
Etant donné que les grilles se chevauchent partiellement, les particules de combustible passent difficilement à travers la grille. La quantité d'imbrûlés est par conséquent très limitée.

Béton réfractaire refroidi par eau pour une longévité accrue du béton
Le béton réfractaire refroidi par eau a une longévité accrue étant donné que le refroidissement réduit les tensions thermiques dans le béton réfractaire.

La livraison comprend :

Chambre de combustion :
- Ecran de tubes d'eau, pourvu de béton isolant et réfractaire -squelette en tubes d'eau comprenant :
  - deux collecteurs avec grille incorporée refroidie par eau
  - ballon de vapeur superposé
- Possibilité de raccord sur le ballon de vapeur pour la conduite de vapeur, les soupapes de sureté, les pressostats, le manomètre, le verre de niveau d'eau, le régulateur de niveau d'eau et l'électrode d'immersion
- Accessoires sur le ballon de vapeur :
  - vanne à vapeur ;
  - soupape de sûreté
  - pressostat de réglage
  - vanne de purge
  - verre de niveau d'eau
  - manomètre avec bride d'inspection
- La grille à gradins inclinée et refroidie par eau est complétée des composantes suivantes :
  - parois de la grille en béton réfractaire
  - mécanisme d'avancement:
  - poussoirs en fonte

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

- cadre en acier profilé
- vérins pneumatiques
- bâti sous la grille avec cloisons de séparation pour les diverses sections, y compris les brides de raccord pour l'air de combustion.
- circuit de circulation et refroidissement complet (pompes de circulation, échangeurs air/eau chaude, tuyauterie, système de secours complet avec moteur diesel, etc..)

- Circuit de distribution d'air primaire avec :
  - gaines de distribution de l'air primaire vers les diverses zones
  - clapet à réglage manuel
  - circuit de distribution d'air secondaire avec gaines de distribution d'air et clapet à réglage manuel
- Système automatique d'évacuation des cendres hors du foyer :
  - cadre mouvant
  - vérin pneumatique
  - caisson métallique
- Ventilateur de soufflage, y compris les conduites de raccord entre le ventilateur, l'échangeur de chaleur et la chambre de combustion
- Ventilateur pour l'évacuation éventuelle de l'énergie superflue

3.4. Evacuation des cendres humides par transporteur à chaine.

Longueur horizontale :	7	m
Longueur inclinée:	7	m
Inclinaison:	30	°
Largeur:	400	mm

Le transporteur à chaîne évacue les cendres hors du foyer vers le conteneur à cendres.
La chaîne se compose de maillons forgés en acier spécial, sur lesquels des traverses sont soudées. Les maillons possèdent une grande extensibilité et une haute résistance à la traction. Ils sont extrêmement résistants à l'abrasion et à la corrosion. Les traverses assurent l'écoulement continu des cendres.

<u>La livraison comprend</u>:

- 1 transporteur à chaîne entraîné par 2 pignons à chaîne
- commande avec :
  - moteur électrique
  - réducteur de vitesse
  - transmission à chaîne
- enveloppe en acier avec partie horizontale construite en tant que réservoir d'eau, avec orifices d'entrée et de sortie
- tendeur de chaîne
- regulation automatique et contrôle de niveau d'eau

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

3.5. Chaudière à vapeur combinée tubes d'eau - tubes de fumée Type : JH - HD-.11000 (17t/h ; 300°C ; 30 bar)

La chaudière de type JH-HD est une chaudière combinée tubes d'eau - tubes de fumée. Elle est composée d'un large foyer en tubes d'eau disposés à la verticale et d'une partie convection en double faisceau tubulaire horizontal.
La section tubes d'eau est raccordée à la section de convection au moyen de tubes de circulation côté eau et de tubes ascendants côté vapeur.

Caractéristiques spécifiques :

Combustion optimale et transmission de chaleur maximale par rayonnement
Le large foyer permet d'obtenir une combustion complète de la flamme sans contact avec la paroi "froide".
La grande surface du foyer garantit une importante transmission de chaleur par rayonnement, ce qui réduit considérablement la température des fumées avant même qu'elles ne pénètrent dans les tubes de fumée.
Outre la charge réduite de la plaque tubulaire (durée de vie plus longue), on évite ainsi l'encrassement des tubes par les cendres fondues (Attention aux cendres à point de fusion extrêmement bas).

Entretien minimal
La combustion optimale, ainsi que la vitesse des fumées adaptée réduisent l'encrassement des tubes de fumée à un strict minimum.

Le **grand volume d'eau** et la grande surface d'évaporation garantissent une réaction rapide en cas de charge de pointe dans la production de vapeur.

Bonne accessibilité
Grâce à la large porte d'accès dans le foyer à écran en tubes d'eau, d'une part, et aux portes de ramonage donnant accès aux tubes de fumée, d'autre part.

Construction durable
- Les tubes de fumée sont d'abord mandrinés et ensuite soudés. Ce faisant :
  - il y a une bonne adhérence entre le tube de fumée et la plaque tubulaire, donc pas de risque de corrosion crevasse
  - pas de bouts de tuyaux saillants sur la plaque tubulaire, donc refroidissement complet
  - pas d'encrassement entre le tube de fumée et la plaque tubulaire
  - contrôle de qualité en cours de fabrication
  - contrôle des calculs et de l'exécution par un organisme agréé

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

- radiographie, examen ultrasonique et/ou magnétique des soudures principales
- essai hydraulique en présence d'un organisme agréé

Fonctionnement sûr

- Les pressostats de réglage et de sûreté déterminent la pression de service respectivement souhaitée et maximum
- 3 contrôles de niveau d'eau commandent l'arrêt de l'installation en cas de niveau d'eau trop bas (dans l'ordre de succession) :
  - 1 contact sur le régulateur de niveau d'eau à flotteur
  - 1 électrode
  - 1 thermostat de sécurité
- 1 contrôle de niveau d'eau avec électrode commande l'arrêt de l'installation en cas de niveau d'eau trop haut
- 1 contrôle de la température des fumées commande l'arrêt de l'installation en cas de température trop basse ou trop élevée.

<u>La livraison comprend</u> :

- Foyer en forme de tubes d'eau
- Section de convection horizontale comprenant un corps de chaudière, des plaques tubulaires et des tubes de fumée mandrinés et soudés
- Raccords côté eau et côté vapeur entre la section tubes d'eau et la section de convection
- Isolation :
  - du foyer : en laine de roche de 100 mm d'épaisseur avec finition :
    - des côtés et du collecteur de vapeur en tôles d'aluminium à profilé oméga de 0,5 mm d'épaisseur
    - du haut en tôle alu larmée de 0,8 mm d'épaisseur
  - de la section de convection : manteau extérieur isolé avec finition en tôle alu-stuc de 0,8 mm d'épaisseur
- Chambre d'inversion des fumées antérieure et postérieure, pourvue de portes de ramonage à charnières
- Châssis sous la section tubes d'eau
- 2 supports métalliques sous la section de convection
- Trous d'homme et de tête nécessaires + brides d'inspection
- Porte d'accès au foyer
- Alimentation automatique en eau comprenant :
  - 1 régulateur de niveau d'eau (tout ou rien) avec vanne de purge
  - 1 pompe d'alimentation en eau modulante à moteur électrique montée sur un cadre en acier
  - accessoires : 1 filtre, 2 vannes anti-retour, 1 vanne d'isolement côté aspiration, 1 vanne d'isolement côté refoulement, 1 manomètre

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

  - livré en tant qu'ensemble entièrement prémonté
- Appareils de réglage et de sûreté :
  - 1 pressostat de sûreté
  - 1 pressostat suivant le réglage des soupapes de sûreté
  - 1 contact sur le régulateur de niveau d'eau à flotteur
  - 1 protection de niveau d'eau trop bas ou trop haut avec électrodes d'immersion
  - 1 protection de niveau d'eau trop bas avec tube d'immersion et thermostat de niveau d'eau trop bas, pourvue d'une vanne d'essai
  - 1 contrôle de niveau d'eau trop haut avec électrode
  - 2 verres de niveau d'eau avec vanne de purge
  - 2 soupapes de sûreté
  - 1 manomètre
  - 1 contrôle de la température des fumées à affichage numérique à monter dans l'armoire de commande
  - vanne de désaération manuelle
- Clapet de fumées à monter dans le conduit de fumées
- Souffleur de suie au base de vapeur (1 tonne par cycle et 4 cycle par jour)
- Autres accessoires :
  - 1 sécheur à vapeur monté dans la zone de vaporisation
  - 1 vanne à vapeur
  - 1 vanne à vapeur secondaire
  - 4 vannes de purge, pourvues chacune d'une vanne d'isolement
  - 1 vanne de désaération
  - 1 thermomètre 100 mm (0 - 100°C)
  - 1 brosse de nettoyage pour le ramonage des tubes de fumée
  - 1 manomètre
  - Purge continue

3.6. Surchauffeur

Le surchauffeur monté dans un caisson en matériaux réfractaires est disposé en aval de la section de convection. Les fumées quittent le premier faisceau tubulaire et passent par le surchauffeur avant de pénétrer dans le deuxième faisceau tubulaire.
Un circuit by-pass, muni d'un clapet de fumées à commande pneumatique, permet de régler la température de la vapeur surchauffée. Ce circuit by-pass permet d'arrêter le surchauffeur pendant la phase de démarrage.

<u>Caractéristiques spécifiques</u> :

Comme le surchauffeur est monté de manière indépendante en aval du premier parcours de la section de convection, et non directement dans le foyer, l'échangeur de chaleur n'est

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

pas exposé à des températures excessives. Cette solution est certes plus coûteuse, mais elle est très avantageuse en termes de longévité de l'échangeur de chaleur. L'exécution du caisson en matériaux résistant à de hautes températures rend superflue l'isolation thermique en béton réfractaire. Outre les frais d'entretien élevés, le béton réfractaire a également pour inconvénient le volant thermique.

La livraison comprend :

- Echangeur de chaleur à tubes en matériaux réfractaires
- Collecteur d'entrée et de sortie
- Caisson en matériaux réfractaires
- By-pass avec clapet de fumées à commande manuelle
- Isolation en laine de roche de 100 mm d'épaisseur, avec revêtement en tôle alu-stuc comme finition
- Accessoires :
  - 2 thermomètres 0 - 400°C
  - 1 manomètre 0 - 40 bar
  - 1 vanne à vapeur
  - 1 soupape de sûreté
  - 1 vanne de purge, filtre et pot de condensation
  - 2 vannes d'isolement
  - 1 vanne de désaération
- Souffleurs de suies rotatifs

3.7. Traitement d'eau

Fait partie de la livraison.
Une description détaillée n'est pas disponible pour le moment.

3.8. Système de dégazage

Fait partie de la livraison.
Une description détaillée n'est pas disponible pour le moment.

3.9. L'extraction des fumées

L'extraction des fumées se passe avec un ventilateur de tirage qui remplit une double fonction. D'une part, il assure l'évacuation des fumées vers la cheminée. D'autre part, il garantit l'amenée d'air de combustion, ce qui est indispensable.

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

Le ventilateur crée une dépression, nécessaire pour que l'air primaire soit aspiré par le lit de combustible et l'air secondaire par les orifices dans la paroi du foyer.
Grâce à la combustion en dépression, les retours de flamme sont évités, ce qui garantit la sécurité du personnel de manoeuvre. En principe, il est possible d'ouvrir les portes pendant le fonctionnement normal de la chaudière, bien que certaines prescriptions légales l'interdisent dans certains pays.

La livraison comprend :

- 1 ventilateur centrifuge équipé :
  - d'une turbine avec carcasse de turbine
  - commande :
    - moteur électrique
    - transmission par poulies et courroies
  - 1 disque de refroidissement
- 1 support en acier profilé (sans plate-forme ni échelle)
- Tuyau de raccordement entre la chaudière, le ventilateur et la cheminée
- Manostat de tirage en tant que dispositif de protection de la chaudière en cas de panne du ventilateur
- 16 mètre de tubes isolé à 1,100 mètre diamètre
- 4 courbures isolées à 1100 mètre diamètre

3.10. Multicyclone pour le dépoussiérage des fumées

Description :

Le dépoussiéreur se compose de plusieurs cyclones en fonte, ayant chacun un diamètre de 150 mm. Les fumées sont uniformément réparties entre les différents cyclones. Les particules de poussière plus lourdes dans les fumées sont projetées contre la paroi par la force centrifuge et glissent ensuite vers le bas jusque dans un entonnoir. Les fumées purifiées s'échappent vers le haut dans un collecteur de fumées, à partir d'où elles sont conduites vers la cheminée. Sous l'entonnoir se trouve une poubelle à cendres pour collecter les particules de poussière.

La livraison comprend :

- 1 caisson solide en tôle d'acier comprenant :
  - 2 collecteurs de fumées
  - 1 compartiment cyclone
  - 1 entonnoir collecteur de poussières

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

- 1 batterie de cyclones en fonte d'un diamètre de 150 mm
- 1 volet d'inspection
- 1 conduite "by-pass" pour stabiliser le débit des fumées
- 1 (ou plusieurs) poubelle(s) galvanisée(s) avec couvercle en fonte (volume par poubelle : 110 l)
- 1 chariot de transport
- 1 support robuste
- Evacuation automatique des cendres volantes.
  Les cendres tombent dans la vis de décendrage par une écluse située en dessous de l'entonnoir collecteur de poussières. La vis de décendrage entraîne les cendres vers un conteneur (le conteneur n'est pas compris dans la livraison).
  La livraison comprend :
  - une écluse
  - une vis d'évacuation des cendres
  - un moteur avec réducteur de vitesse
  - en cas de décendrage automatique, les poubelles à cendres et les chariots de transport ne sont pas compris dans la livraison.

Options :

- Isolation du dépoussiéreur

3.11. Cheminée

Spécifications techniques :

Matériaux :acier
Hauteur :7 m
Diamètre :1.1 m

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

La livraison comprend :

- Cheminée en acier composée de tronçons de 6 m, raccordés par des brides boulonnées
- 1 cône noir à la sortie de la cheminée
- 1 plaque de fondation (les boulons d'ancrage sont à la charge du client)
- 1 trappe de ramonage
- 1 échappement de condensation
- 1 ouverture de mesure

Option :

- Isolation en laine de roche (de 50 mm d'épaisseur), avec tôle en aluminium 8/10 mm comme finition

3.12. Armoire de commande pour un fonctionnement automatique

L'armoire de commande électrique contient tous les appareils de régulation, de contrôle et de sûreté nécessaires pour le bon fonctionnement de l'installation.

Caractéristiques spécifiques :

Régulation de la combustion
La régulation de la combustion s'effectue automatiquement en 3 allures, en fonction de la demande d'énergie. La consommation d'énergie est déduite de la différence entre la pression de vapeur du moment et la pression de vapeur maximum réglée. En fonction de cette différence, le PLC choisira un des trois programmes.
Pour chaque allure, le PLC modifie automatiquement les paramètres de combustion (qualité du combustible, air de combustion, vitesse des fumées) en fonction de la capacité choisie.
Les trois allures sont 60, 80 et 100 %.

L'enregistrement continu de l'$_{02}$ dans les fumées et de la température du foyer permet à l'opérateur d'optimiser la combustion.

La livraison comprend :

- Section de puissance :

Interrupteur principal et pour chaque moteur :
  - un interrupteur à sélection manuelle

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

  - une lampe-témoin
  - un interrupteur magnétique (ou un double commutateur étoile-triangle pour les puissances supérieures à 5,5 KW)
  - les fusibles nécessaires
  - un interrupteur thermique automatique (protection contre un courant anormalement élevé)
- Régulation et protection :
  La régulation est assurée par un PLC de Siemens.
  Les appareils de régulation et de mesure à affichage numérique sont incorporés dans la partie frontale de l'armoire de commande.
  En outre, les paramètres de combustion suivants sont incorporés dans la partie frontale de l'armoire de commande :
  - température du foyer
  - O_2
  - positions des clapets d'air de combustion
  - température des fumées
- Régulation modulante de la dépression comprenant :
  - un détecteur de dépression, avec récipient tampon
  - un servomoteur pour le réglage du clapet des fumées
  - affichage analogique de la dépression, incorporé dans la partie frontale de l'armoire.
- Alarme :
  - au cas où une sécurité entre en action, une alarme - reliée par le client à une sonnette, un klaxon, un témoin lumineux, ... - est activée.
- Synoptique couleur avec aperçu complet de l'installation et instructions de commande, visualisation des données et changement automatique des données de processus, analogiques ou numériques, dynamiques.
- 1 processeur PLC Siemens type S7, y compris les modules d'entrée et de sortie nécessaires

4. Conditions de vente

4.1. Limites de la fourniture

Restent à la charge du client, tous les travaux et toutes les fournitures qui ne sont pas expressément décrits dans l'offre, et en particulier :

Transport, montage et mise en service
- Transport du matériel à partir usine Harelbeke
- Assurance transport

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

- Montage de l'installation
- Mise en service de notre installation et formation du personnel (à effectuer obligatoirement par le personnel de VYNCKE)
- Pour la supervision du montage ou de la mise en service outre-mer :
  - tous les frais de voyage jusqu'à la chaufferie (billet d'avion, déplacements sur place,.)
  - frais de logement, y compris de restauration, suivant les normes européennes
  - argent de poche et voiture pour les déplacements sur place
  - mise à disposition de moyens de communication avec la base à domicile
  - frais locaux, tels que taxes, impôts et frais médicaux, si nécessaire
- Grue appropriée pour le déchargement et la mise en place du matériel
- Local fermant à clé pour ranger le matériel durant le montage et la mise en service

Travaux et matériel

Travaux de génie civil :
  - tous les travaux de génie civil (fondations, chaufferie prête pour le montage, boulons d'ancrage pour la cheminée, percée de toiture pour la cheminée, silo, percements et bouchages nécessaires, ...)
- Chaudière vapeur :
  - raccordement :
    - des soupapes de sécurité à l'air extérieur
    - des purges à l'écoulement ou à la fosse de purge
    - de la ou des pompe(s) d'alimentation à l'eau
  - options pour la chaudière vapeur :
    - pompe d'alimentation en eau actionnée à la vapeur
- Stockage du combustible
  - parois de silo pour le système d'extraction de silo
- Pièces de rechange
- Densimètre des fumées
- Dispositifs d'insonorisation, si nécessaire

Livraison de et raccordement aux consommateurs

- Raccordement de l'eau de conduite au système d'extinction (max. 3 bar) en cas d'alimentation automatique
- Raccordement de l'amenée d'eau aux pompes d'alimentation en eau et/ou au traitement de l'eau
- Pose et raccordement de tous les câbles électriques entre l'armoire de commande et les appareils électriques, ainsi que du câble d'alimentation vers l'armoire de commande
- Les consommables nécessaires lors du montage et de la mise en service (électricité, éclairage, eau traitée, combustible, produits de nettoyage, ...)

Frais de paiement et taxes

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

- tous les frais pour le crédit documentaire
- TVA, frais de dédouanement ou autres taxes.

Permis

- Toutes les formalités de demande et d'obtention du permis de stockage et de combustion de résidus de bois, ainsi que la demande de tous les renseignements concernant les normes d'émission et les prescriptions de sécurité en vigueur localement. La firme VYNCKE fournira au client toutes les informations et tous les documents nécessaires qui sont exigés par les autorités locales et qui concernent l'installation prévue.

5. Prix

Fourniture de base :

- Système d'extraction de silo à fond mobile (type ESB)
- Bande transporteuse de dosage vers la chambre de combustion (type DTB)
- Chambre de combustion avec grille à gradins incorporée (type CBR-AD-240)
- Evacuation automatique des cendres
- Chaudière à vapeur combinée tubes d'eau – tubes de fumée (type JH-HD-11000)
- Souffleur de suie pour nettoyage du plaque tubulaire
- Surchauffeur, equipé de souffleurs de suie
- Echelles et plates-formes
- Structures métalliques de support
- Conduits de fumées
- Ventilateur d'extraction de fumées
- Dépoussiéreur multicyclone M150
- Cheminée
- Unité de traitement d'eau
- Système de dégazification
- Armoire de commande
- Matériel pour le tuyautage et le cablage

0,16

Prix (FOB Anvers): **54 500 000,- FB**

Montage et mise en marche : **6 600 000,- FB**

Le prix du montage et supervision inclut 86 jour de travail.
Le prix de la mise en route inclut 36 jour de travail.
Des jours supplémentaires seront calculés selon la formule suivante:

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

Prix supervision du montage, de la mise en service et de la formation du personnel :

- 20.500, FB/jour calendrier, basé sur une journée de travail de 10 h.
- Les heures supplémentaires (plus de 10 h/jour) sont facturées à 3.075,- FB/heure.
- Les dimanches et jours fériés ne doivent pas être payés en cas d'inactivité. S'il y a prestations de travail ces jours-là, un supplément de 100 % sera porté en compte.
- Les jours de déplacement et jours de repos obligatoires sont facturés à 17.000, FB/jour.

Sont à la charge du client :

- tous les frais de déplacement jusqu'au site ((billet d'avion, déplacements sur place, ...)
- les frais de logement, y compris de restauration conformément aux normes européennes
- frais locaux tels que taxes, impôts ou frais médicaux, si nécessaire
- argent de poche et mise à disposition d'une voiture pour les déplacements sur place.

5.1. Conditions de paiement

- 30 % à la signature du contrat contre caution bancaire
- 70 % par crédit documentaire irrévocable, payable comme suit :
  - 40 % à la livraison contre documents de transport.
  - 20 % à la fin du montage, avant mise en route, au plus tard 5 mois après livraison.
  - 10 % à la réception provisoire, au plus tard 9 mois après livraison contre garantie de bonne performance.

Pour les travaux en régie, des factures intermédiaires seront envoyées, qui sont payables après réception de la facture.

Les conditions de paiement susmentionnées sont uniquement valables sous réserve d'acceptation de notre assurance de crédit.

5.2. Delai de livraison

Estimation preliminaire : 8 mois (départ usine)

5.3. Garantie

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax: + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

Le matériel fabriqué et livré par le vendeur est garanti contre les vices de fabrication pour une durée de 12 mois à compter de la première mise en service, avec un max. de 18 mois après livraison départ usine.

Notre garantie se limite à la mise à disposition du matériel remplacé ou réparé et à la main-d'oeuvre, à l'exception des frais de déplacement, de transport, de séjour, d'importation, d'assurance et des autres frais y afférents.

La garantie ne s'applique pas au remplacement ni à la réparation qui résulteraient de l'usure normale du matériel, d'endommagements et d'accidents dus à la négligence, à l'imprudence, au manque de surveillance ou d'entretien et à la mauvaise utilisation des appareils.

Sous aucune condition, l'acheteur ne peut, en cas de panne d'une partie ou de l'ensemble de l'installation achetée, pour quelque raison que ce soit, exiger une quelconque indemnisation de la part de la S.A. VYNCKE, du chef d'interruption de la production, de pertes de production, de frais de combustible, de chômage du personnel, ou de toute autre charge ou perturbation pour l'entreprise. La garantie ne couvre pas les vices occasionnés par des parties de l'installation qui ne sont pas livrées par nous.

La garantie n'est valable que si :
- la mise en service de l'installation est effectuée par un technicien VYNCKE ou un technicien désigné par VYNCKE
- la capacité normale de la chaudière n'est pas dépassée
- la chaudière est chauffée avec le combustible approprié
- l'installation est remplie et/ou alimentée avec, selon le cas, de l'eau ou du fluide thermique approprié
- la chaudière est utilisée et entretenue conformément aux directives mentionnées dans le manuel d'instruction, et/ou par le(s) technicien(s) VYNCKE lors de la mise en service
- l'acheteur tient minutieusement un journal de bord des travaux d'entretien effectués, qu'il tient à tout moment à la disposition du vendeur ou de ses représentants pour être consulté
- l'accès à l'installation est réservé au seul personnel compétent
- la S.A. VYNCKE et ses préposés ont en tout temps accès à l'installation
- les obligations de paiement et autres engagements contractuels sont scrupuleusement respectés par l'acheteur.

5.4. Durée de validité de l'offre

2 mois

Vyncke NV
Gentsesteenweg 224
B - 8530 Harelbeke
Tel: + 32 56 73 06 30
Fax. + 32 56 70 41 60
E-mail: mail@vyncke.be

h.r. kortrijk 127.123
BTW BE 447 690 830

quality since 1912

VYNCKE

5.5. Conditions de vente

- Sauf stipulation contraire explicite dans l'offre, nos conditions générales de vente réf. DVPD 008C, comme en annexe, sont intégralement d'application.

Harelbeke, le 04 novembre, 1999

Jef Mestdagh
Business Unit Manager

CONDITIONS GENERALES DE VENTE VYNCKE - DVPD008C

Sauf clauses contraires établies par écrit toutes les ventes sont censées être conclues selon les clauses et conditions générales de vente suivantes. Elles sont indissociablement liées aux offres et confirmations de commande émanées par notre firme. Toute condition figurante sur des documents du client sera formellement déclinée. Nos conditions générales de vente sont seules applicables.

Article 1 : Offre - acceptation
Toute offre se conçoit sans engagement de notre part. Chaque commande est seulement valable sous réserve de notre approbation.

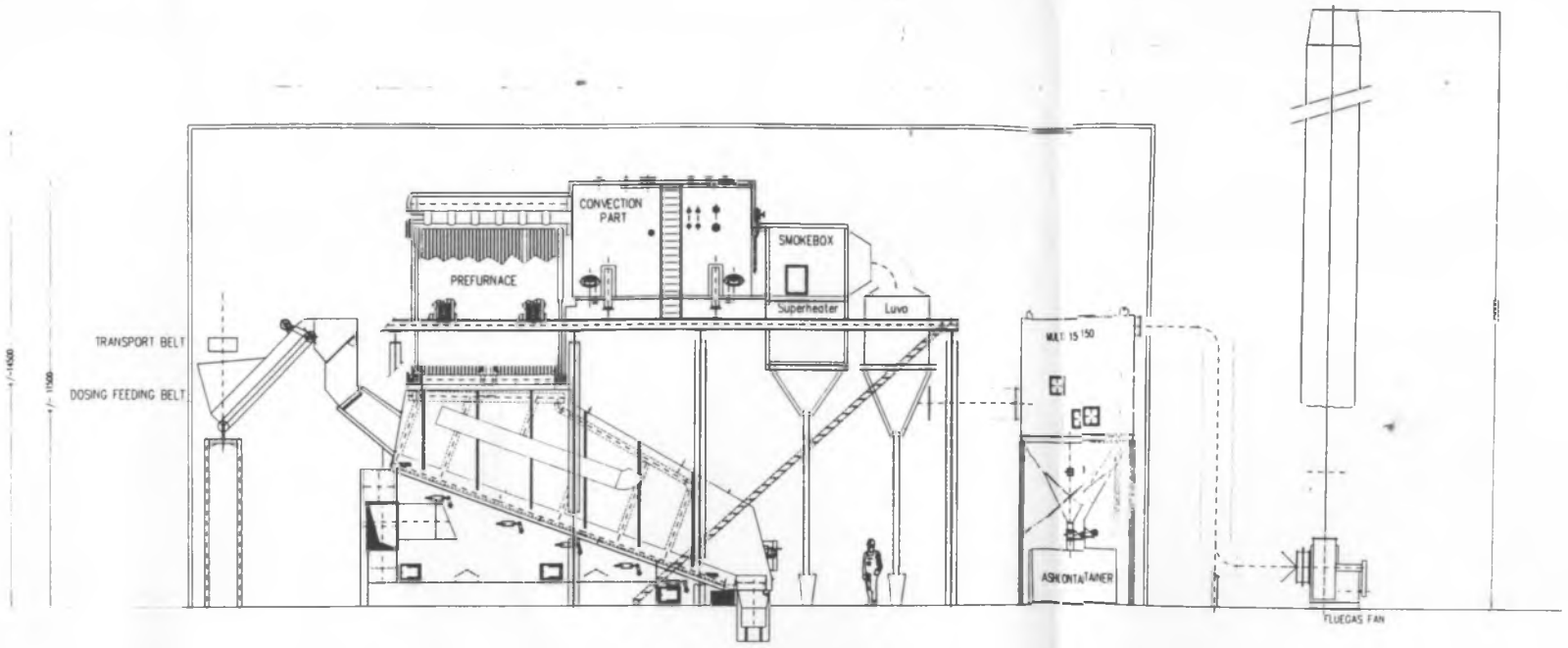
Article 2 : Livraison
1. Les marchandises, même si vendues franco de port, voyagent toujours aux risques et périls de l'acheteur.
2. Pour être valable toute réclamation ou restitution doit être annoncée par lettre recommandée dans un délai de 8 jours dès réception de la marchandise.
3. Les délais de livraison ne sont toujours qu'approximatifs. En cas d'un retard éventuel aucune indemnité ne peut être réclamée auprès de la société VYNCKE N.V..
4. Les délais de livraison ne comptent qu'à condition que les engagements contractuels envers VYNCKE soient rigoureusement respectés par l'acheteur.
5. Si l'enlèvement de la marchandise est suspendu à la requête de l'acheteur, ou si la livraison est abandonnée à cause de la non-exécution de ses obligations contractuelles, VYNCKE N.V. a le droit de facturer un intérêt, qui court à partir de la date de livraison prévue, montant à 12 % du prix d'achat, sous réserve d'amendement des conditions contractuelles par VYNCKE N.V..
6. Le vendeur a le droit à livrer en parties.

Article 3 : Paiement
1. Nos factures sont nettes, payables au comptant sans escompte à Harelbeke.
2. En cas de non-paiement à l'échéance de tout montant facturé un intérêt mensuel de 1,5 % sera porté en compte de plein droit et cela sans mise en demeure. En cas où, malgré l'envoi d'une mise en demeure par poste et sans raison profonde, le montant de la dette n'est pas payé intégralement à l'écheance, la créance sera augmentée de 15 % avec un minimum de 150 , même si des délais sont accordés.
3. Quand le vendeur a de sérieuses indications que l'acheteur demeure dans l'impossibilité de payer ou dans le cas où l'acheteur ne procure pas les garanties nécessaires, le vendeur a droit, sous réserve d'une indemnité supplémentaire, à
   - ne pas livrer les marchandises qui restent à livrer
   - prendre les dispositions nécessaires afin d'éviter que les marchandises expédiées entrent en possession de l'acheteur et de mettre ses droits pour le futur en sécurité même si les marchandises sont déjà manipulées.
4. Le vendeur reste propriétaire des marchandises désignées à l'acheteur jusqu'au paiement intégral de la facture. En cas de livraisons partielles pour lesquelles de paiements séparés sont accordés, les marchandises restent propriété du vendeur jusqu'au paiement intégral de la commande entière.
5. Jusqu'au paiement intégral de la dette au vendeur, il est interdit à l'acheteur d'aliéner la marchandise à n'importe quel titre. Néanmoins dès la livraison l'acquéreur est obligé à garder et entretenir les marchandises.

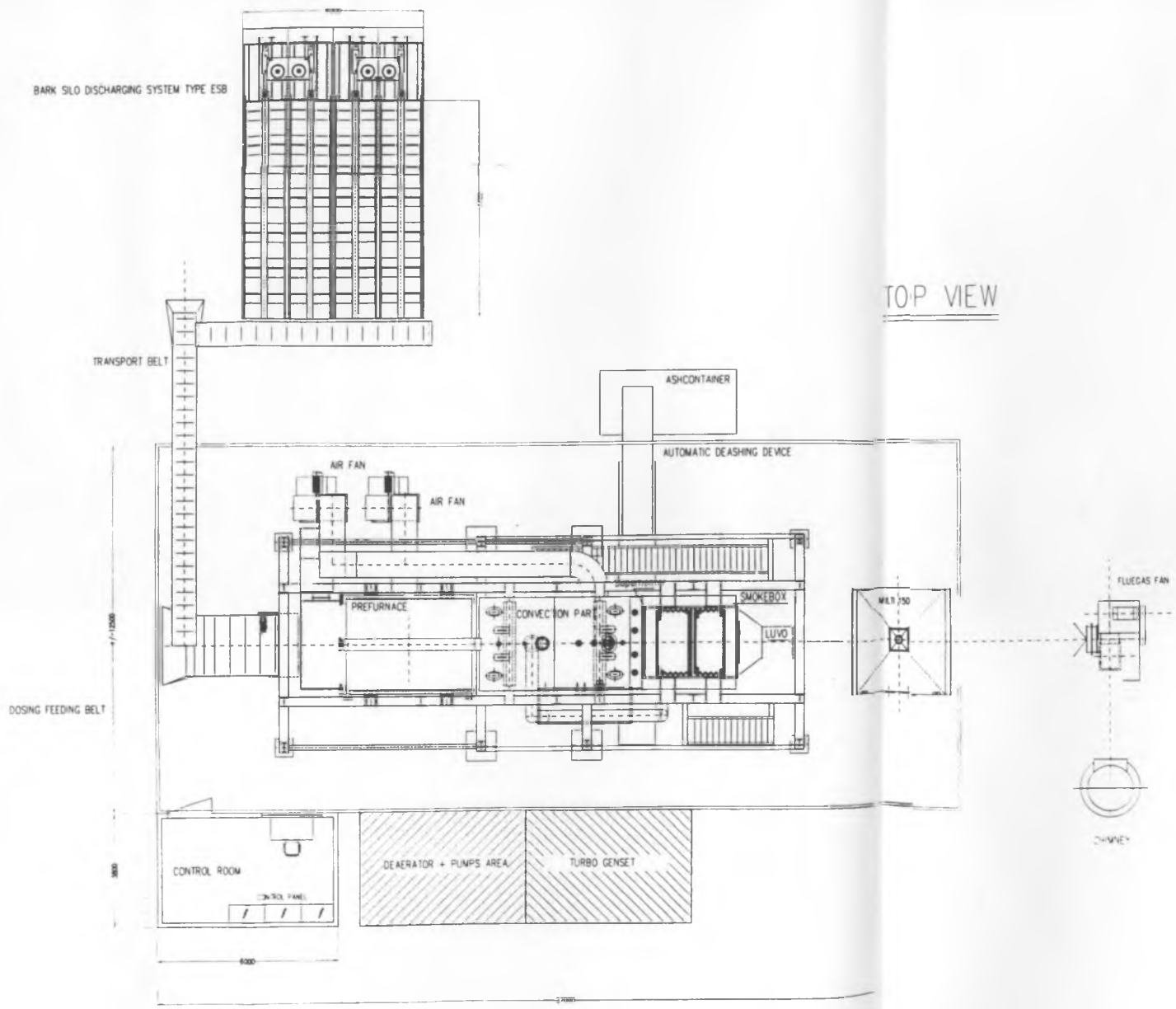
Article 4 : Garantie
1. Sauf dispositions contraires formelles nos installations se trouvent sous garantie pour une periode de 12 mois à partir de la première mise à feu et avec un maximum de 18 mois après la livraison. Pour les matériaux d'occasion ces périodes se limitent à 3 mois, respectivement 6 mois.
2. Notre garantie ne s'applique qu'à la mise à disposition des matériaux remplacés ou réparés et au main-d'oeuvre, à l'exception des coûts de déplacement, transport, sejour, importation, assurance et coûts similaires.
3. La garantie ne s'exerce qu'aux conditions suivantes
   - que la mise en route soit effectuée par des techniciens de VYNCKE ou des techniciens désignés par VYNCKE
   - que la chaudière ne soit pas surchargée
   - que la chaudière soit alimentée d'un combustible adapté
   - que l'installation soit remplie et/ou alimentée de l'eau ou du fluide thermique adapté selon le type.
   - que la chaudière soit entretenue et utilisée selon les instructions du manuel d'entretien ou données par le(s) technicien(s) de VYNCKE lors de la mise en marche.
   - que l'acheteur tienne à jour un cahier d'entretien qui devra être mis à la disposition du vendeur ou ses délégués sur simple demande
   - que seulement les personnes compétentes aient accès auprès de l'installation.
   - que VYNCKE N.V. et ses délégués aient toujours accès auprès de l'installation.
   - que les conditions de paiement et les obligations contractuelles soient rigoureusement respectées par l'acheteur

Article 5 : Responsabilité
1. Sans nuire aux stipulations antérieures la responsabilité du vendeur pour des endommagements résultants du matériel livré, est en tout cas limitée au prix du matériel.
2. En cas de mauvais ou de non-fonctionnement de l'installation aucune indemnité ne peut être demandée à la société VYNCKE N.V. à titre de dommages-intérêts pour quelque cause que ce soit, comme interruption de fabrication, pertes de production, chômage, coûts des combustibles ...
3. VYNCKE N.V. ne répond pas de la disponibilité ou de l'obtention des licences nécessaires, i.e. permis d'exploitation.

Article 6 : Compétence
En cas de litige, même très urgent, seuls les tribunaux de l'arrondissement de Kortrijk ou la Justice de Paix de Harelbeke sont compétents, selon leur faculté matérielle.
Le droit belge est applicable.



SIDE VIEW



TOP VIEW

PRELIMINARY LAY-OUT

revisie C- revision D					
revisie C- revision C					
revisie B- revision B					
revisie A- revision A					
revisie - revision	omschrijving- description				gecontroleerd
tek. nr.- draw. nr.	SO 710	schaal-scale: 1/100	DATUM-DATE		18/10/99
fabr. nr.- serial nr		getek.-draw by: CLE	REVISIE	A	
			REVISION	B	
formaat- format	A1	gecont.-approv:		C	
				D	
Last save on	by CLE	PRELIMINARY LAY-OUT			
File-name	H/archief/verkoop/projects/CIB/Cibina				

VYNCKE N.V.
Gentsesteenweg 224
B-8530 Harelbeke
tel +32(056) 71 82 31
fax +32(056) 70 41 60
E-mail vyncke_nv@unicol.be

CIB
Congo

IBC nr :
KC nr :

Deze tekening is eigendom van de NV VYNCKE. Ze mag niet gebruikt, gecopieerd of verveelvuldigd worden op eender welke manier zonder toestemming van de eigenaar. Alle rechten op verandering blijven voorbehouden.

This drawing is the property of NV VYNCKE. May not be used, copied or duplicated in any matter, without permission of its owner. All rights of design and invention are reserved.

Bergerat Monnoyeur.

ENERGIE

RÉGION SUD-EST
500, rue Mayor de Montricher
BP 194 000 - ZI les Milles
13795 AIX-EN-PROVENCE CEDEX 3

Tél. : 04 42 39 30 30
Fax : 04 42 39 30 21

TELECOPIE

A Société : CIRAD MONTPELLIER

A l'attention de : Monsieur GIRARD

Télécopie : 04.67.61.65.15

Date : Les Milles, le 10 mai 1999

Monsieur,

Suite à notre rencontre, nous vous prions de bien vouloir trouver, ci-joint :

- Notre meilleure offre pour **la fourniture éventuelle de :**

1 Groupe électrogène Caterpillar 3412 TTA3 – 650 kVA - 520 kW - 400 V - 50 HZ en service Production et fonctionnant en couplage permanent avec une turbine électrique

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et

Nous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués

SB/fc n° D990648

PJ :

P/O : J. WAMPACK
ASSISTANT TECHNICO-COMMERCIAL

S. BENOIT
CHARGE D'AFFAIRES

Tout litige ou contestation sera soumis au tribunal de Commerce de Paris auquel il est fait expressément attribution de juridiction

Bergerat
Monnoyeur.
ENERGIE

LES MILLES, LE 10 MAI 1999

CIRAD MONTPELLIER

****

GROUPES ELECTROGENES

****

MOTEUR CATERPILLAR

DEVIS N° D990648

Bergerat Monnoyeur.
ENERGIE

I – DESCRIPTIF TECHNIQUE

I GENERALITES

Le présent descriptif concerne la fourniture de :

1 groupe électrogène **CATERPILLAR de 650 KVA**

II CONDITIONS D'EXPLOITATION ET CONDITIONS CLIMATIQUES

Lieu d'installation	:	
Température maxi sur le site	:	- 20° + 30°C
Altitude du site	:	inférieure à 500 m
Humidité de l'air	:	environ 70%
Atmosphère	:	normale

III CARACTERISTIQUES GENERALES DE GROUPE ELECTROGENE

Modèle	:	**3.412 TTA3**
Puissance	:	650 KVA + 10 % de surcharge
Utilisation	:	PRODUCTION
Tension	:	400 V
Fréquence	:	50 Hz

Bergerat Monnoyeur.
ENERGIE

1) MOTEUR INDUSTRIEL CATERPILLAR

a) CARACTERISTIQUES DU MOTEUR

Modèle	**3.412 TTA3**
Type	Diesel refroidi par eau
Cycle	4 Temps
Cylindrée	27 litres
Course	152 mm
Alésage	137 mm
Disposition des cylindres	12 en Vé
Suralimentation	par Turbo-compresseur
Nombre de soupapes par cylindre	4
Commande des soupapes	Par culbuterie
Vitesse nominale	1500 tr/mn

b) EQUIPEMENT DE BASE

- Filtre à air sec double étage avec indicateur de colmatage,
- Reniflard du carter d'huile,
- Refroidisseur d'huile de graissage
- Filtre à air double cartouche
- Filtre à fuel avec préfiltre
- Filtre à huile de graissage avec prise pour analyse d'huile,
- Prise de compte tours (rapport 1/2),
- Carter de volant standard,
- Anneaux de levage,
- Raccords flexibles de combustible,
- Carter d'huile,
- Pompe manuelle d'amorçage de combustible,
- Pompe centrifuge de circulation de l'eau des chemises, entraînée par pignonerie,
- Thermostats et boîtiers thermostatiques,
- Sens de rotation standard SAE,
- Compteur d'entretien,
- Sécurités,
- Vidanges huile et eau par vannes,
- Panneau de contrôle moteur,
- Régulation électronique Woodward
- Préchauffage d'eau de 6 kW avec thermostat
- Préchauffage alternateur de 600 W
- Alternateur de charge entraîné par courroies
- Chargeur de batteries 10 ampères
- Relais homopolaire
- Disjoncteur 4 pôlesmotorisé avec bobine de déclenchement et bloc contacts

Bergerat Monnoyeur.
ENERGIE

2) ALTERNATEUR CATERPILLAR

a) CARACTERISTIQUES DE L'ALTERNATEUR

Modèle	SR 4 B
Palier(s) excitation	Monopallier transistorisé
Type d'excitation	Sans bague, ni balai
Isolement	Classe F
Nombre de phases	3
Fils de sorties	10
Branchement	En Etoile
Conforme aux normes	UTE - NEMA - etc

b) CARACTERISTIQUES DANS L'APPLICATION

Puissance (sous Cos Phi 0.8)	650 KVA + 10 % de surcharge
Tension	400 Volts
Fréquence	50 Hertz
Neutre sorti	Oui

c) ACCOUPLEMENT

Direct multi-disques CATERPILLAR rigide axialement, semi-élastique longitudinalement, placé entre volant et rotor alternateur.
Monobloc entre carter volant moteur et carcasse alternateur.

L'ensemble moteur alternateur monté sur un châssis rigide reposera au sol par l'intermédiaire de plots amortisseurs.

4) REGULATEUR DE TENSION DVR

Le régulateur de tension est constitué d'un ensemble électronique à microprocesseur avec une sortie RS 422 pour communication qui intègre un nombre important de fonctions. Il est scellé dans un boîtier étanche résistant aux ambiances salines et aux vibrations.

Les performances de ce régulateur sont les suivantes :

- ± 0.25 % de U entre marche à vide et pleine charge
- moins de 0.5 % de dérive pour 40° C de changement de température
- programmation de la rampe de reprise de 1 à 10 volts/Hz.
- temps de réponse inférieur à 10 ms
- référence de tension triphasée
- stabilité jusqu'à 20 % de distorsion de la forme d'onde de sortie alternateur
- perturbation téléphonique conforme à VDE 85
- tension réglable à ± 10 %
- gain réglable de 0 à 10 %
- température ambiante - 40 à + 70 ° C

Les fonctions diverses assurées par le DVR sont les suivantes :

- régulation de tension
- régulation de cos ou puissance réactive en cas de couplage réseau
- retour de puissance
- surexcitation
- surtension (maxi u)
- sous tension (mini u)
- détection de défaut des diodes
- sousfréquence (mini F)
- affichage digital des paramètres et des défauts
- perte d'excitation
- diagnostic intégré

Le régulateur permet de programmer le fonctionnement et les réponses de l'alternateur pour chaque application en donnant la possibilité d'utiliser les sécurités nécessaires à l'application la plus complexe.

Bergerat Monnoyeur. ENERGIE

COFFRET DE CONTROLE – COMMANDE CATERPILLAR TYPE EMCP II

Fonctions :

- contrôle du démarrage et arrêt du moteur en automatique et manuel
- affichage des conditions de fonctionnement du moteur et de l'alternateur sur écrans à cristaux liquides
- gestion des défauts : sécurités (indicateur rouge) et alarmes (indicateur jaune)
- affichage des codes de défauts (sécurités et alarmes) du moteur sur voyants lumineux (jaune et rouge) et écrans à cristaux liquides
- gestion de points de consigne programmables en fonction des applications

Descriptif d'ensemble :

- panneau extérieur principal avec :
  - indicateurs de défauts
  - écrans à cristaux liquides
  - clavier
- panneau extérieur secondaire avec :
  - commutateur de pilotage moteur
  - rhéostat de réglage de la tension alternateur
  - bouton poussoir pour arrêt d'urgence
- relais disponibles pour report à distance (intérieurs au coffret)
- équipements périphériques :
  - capteur de pression d'huile
  - capteur de température liquide de refroidissement
  - capteur magnétique de régime moteur
  - capteur de niveau liquide de refroidissement
  - solénoïde d'injection
- coffret étanche (IP 22) et monté sur plots antivibratoires.

Indicateurs de défauts (voyants lumineux) suivants :

- basse pression d'huile
- haute température liquide de refroidissement
- bas niveau liquide de refroidissement
- survitesse moteur
- arrêt d'urgence
- non démarrage du moteur

Affichage sur écrans à cristaux liquides des valeurs suivantes :

- tension batteries groupe
- heures de fonctionnement moteur
- régime moteur
- pression d'huile
- température du liquide de refroidissement
- tension alternateur
- intensité et fréquence par phase (avec commutateur)

Commutateur de pilotage moteur permettant :

- démarrage automatique et arrêt après période de refroidissement programmable
- démarrage et arrêt manuel
- arrêt immédiat
- arrêt après période de refroidissement programmable

Diagnostic :

- contrôle et surveillance du bon état des capteurs de surveillance du moteur
- information codée de la provenance d'éventuels défauts moteurs

Communication :

- contact de défaut général
- module d'alarme (sortie sur contact) : haute température d'eau , basse pression d'huile ; basse pression batterie.
- Possibilité de communication par mode Bus.

Bergerat Monnoyeur.
ENERGIE

DESCRIPTIF : ARMOIRE DE COUPLAGE

Bergerat Monnoyeur. ENERGIE

ARMOIRE D'AUTOMATISME, DE COUPLAGE

Comprenant :

EQUIPEMENT EN FACADE :

- **Instruction :**
- ◊ 3 ampèremètres
- ◊ Voltmètre avec sélecteur de phase
- ◊ Tachymètre/fréquencemètre
- ◊ KWmètre
- ◊ Cosphimètre
- ◊ Synchronoscope
- ◊ Compteur horaire
- ◊ Voltmètre batterie
- ◊ Indicateur pression d'huile
- ◊ Indicateur température d'eau
- ◊ Alarme sonore

- **Contrôle/Commande :**
- ◊ Commutateur arrêt/manuel/auto
- ◊ Bouton-poussoir essai lampes/effacement défaut
- ◊ Bouton-poussoir arrêt d'urgence

- **Voyants d'information :**
- ◊ Section disponible
- ◊ Secteur en charge
- ◊ Groupe disponible
- ◊ Groupe en charge

- **Voyants d'alarme avec arrêt moteur :**
- ◊ Basse pression d'huile
- ◊ Haute température d'eau
- ◊ Niveau d'eau bas
- ◊ Niveau d'huile bas
- ◊ Survitesse
- ◊ Non démarrage
- ◊ Déclencheur disjoncteur

- **Voyants d'alarmes sans arrêt moteur :**
- ◊ Tension batterie basse
- ◊ Tension trop basse
- ◊ Tension trop élevée
- ◊ Fréquence trop basse
- ◊ Fréquence trop élevée

Bergerat Monnoyeur. ENERGIE

EQUIPEMENTS INTERNES

- **Sécurités :**
  - Platine de gestion des sécurités
  - Fusibles de protection des auxiliaires

- **Automatismes :**
  - Dispositif de démarrage automatique avec les temporisations nécessaires
  - Dispositif de couplage fugitif au réseau

- **Autres équipements :**
  - Chargeur de batterie
  - Relais détection manque secteur triphasé

- **Bornes de raccordement :**
  - Arrêt d'urgence à distance
  - Contact commande contacteur normal
  - Contact commande contacteur secours
  - Contact renvoi alarme défaut général

- **Hors fourniture :**
  - Protections de découplage rapide

Bergerat Monnoyeur.
ENERGIE

III - BORDEREAU DE PRIX

Un groupe électrogène CATERPILLAR type 3412 TTA3 650 KVA Service Production

MONTANTS

- Groupe électrogène
- Silencieux d'échappement
- Armoire de couplage
- Motorisation du disjoncteur

MONTANT TOTAL (avec couplage permanent)..	**697 000 FRS HT**

Essais sur site pour mise en service ..... **24 000 FRS HT**
(hors frais d'hébergement/déplacement)

DELAI : **A convenir**

HORS FOURNITURES : La protection de découplage
L'installation sur site
Le réservoir de stockage fuel

GARANTIE : 1 an pièces et main d'oeuvre

REGLEMENT : **20 % à la commande par chèque**
Solde à la facturation par chèque

P/O : **J. WAMPACK**
ASSISTANT TECHNICO-COMMERCIAL

S. BENOIT
CHARGE D'AFFAIRES

Bergerat
Monnoyeur
ENERGIE

GROUPE MONNOYEUR

BERGERAT MONNOYEUR ENERGIE fait partie du groupe ***MONNOYEUR*** qui :

- *est une société familiale*
- *a été créé en 1906*

Le chiffre d'affaires du **groupe MONNOYEUR** a été de **8 milliards de francs en 1998** pour un effectif total de plus de **5800 personnes**.

Depuis 1929 le groupe MONNOYEUR est le concessionnaire exclusif de la marque CATERPILLAR qui est le premier constructeur mondial de moteurs diesel. Soit plus de 70 années de collaboration étroite entre les deux sociétés.

Le groupe MONNOYEUR a plusieurs activités :

➢ ***Distributeur de CATERPILLAR pour la vente et la location :***

- d'engins de travaux publics (BMTP)
- de chariots de manutention (BMM)
- de groupes électrogènes et moteurs diesel (BME)

➢ ***Pôle automobile :***

- centres auto FEU VERT (entretien automobile et vente d'accessoires)
- grande distribution (pièces consommables et accessoires pour l'automobile)

➢ ***Développement international sur :***

- L'Algérie
- la Roumanie
- la Moldavie
- la Pologne

L'activité du groupe MONNOYEUR que nous représentons est l'ENERGIE.

Bergerat
Monnoyeur
ENERGIE

BERGERAT MONNOYEUR ENERGIE

Le chiffre d'affaires de BERGERAT MONNOYEUR ENERGIE a été de 676 millions de francs en 1998 pour un effectif total de plus de 326 personnes.

Qu'est-ce que BERGERAT MONNOYEUR ENERGIE ?

- C'est l'équivalent d'une tranche nucléaire installée en groupes électrogènes sur le territoire français

- C'est la distribution, l'installation et la maintenance de :

  - **groupes électrogènes**
    - de secours et de sécurité
    - de production fonctionnant en EJP qui vous généreront des économies sur votre facturation EDF

  - **groupes de cogénération** pour :
    - satisfaire vos besoins en chaleur
    - vous permettre de générer des bénéfices par la revente d'électricité à EDF

  - **systèmes NO-BREAK** pour :
    - sécuriser vos équipements électriques
    - générer des économies par :
      - → la suppression de vos pertes d'exploitation
      - → des bénéfices sur votre facturation EDF

Qu'allons nous vous apporter ?

- des produits et des services de qualité
- un savoir faire dans l'énergie
- l'expertise de votre problématique énergétique
- des solutions adaptées à vos besoins
  - techniques
  - financiers
- une maintenance éprouvée

Que vous garantissent ces solutions ?

- une fiabilisation de vos installations
- des économies financières
- la pérennité de vos investissements

Bergerat
Monnoyeur
ENERGIE

EN RESUME :

BERGERAT MONNOYEUR ENERGIE C'EST :

- UN SEUL INTERLOCUTEUR DE L'EXPERTISE A LA REALISATION ET LA MAINTENANCE DE VOS INSTALLATIONS ENERGETIQUES.
- DES BENEFICES GARANTIS.
- UNE SECURITE TOTALE POUR VOUS ET VOS INSTALLATIONS.

Bergerat
Monnoyeur
ENERGIE

POINTS FORTS

POINTS FORTS DU GROUPE BERGERAT MONNOYEUR

* **Expérience** de BME depuis le début de l'EJP.Plus de 2.000MW installés.

* **Pérennité** de BM garantissant le respect des engagements.

* **Spécialiste** de la réalisation clé en main de centrales de cogénération et de production d'énergie électrique.

* BME possède **sa propre structure après-vente** (une seule responsabilité).

* Analyse d'huile systématique et périodique (préventif).

* Efficience de nos centrales.

ANNEXE 4

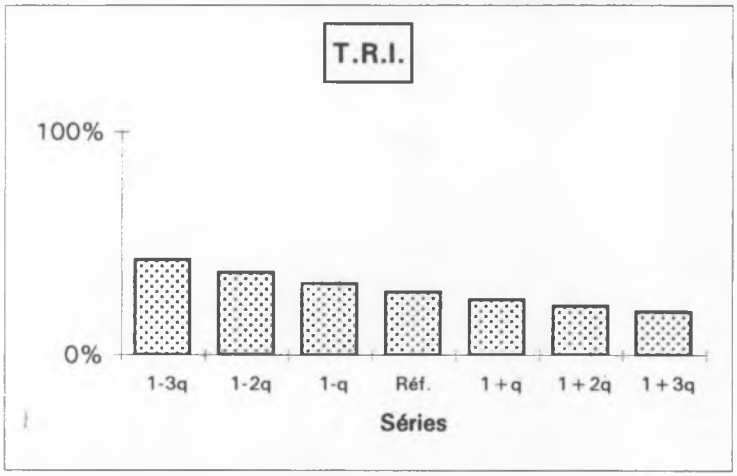
RESULTATS DE L'ANALYSE DE SENSIBILITE

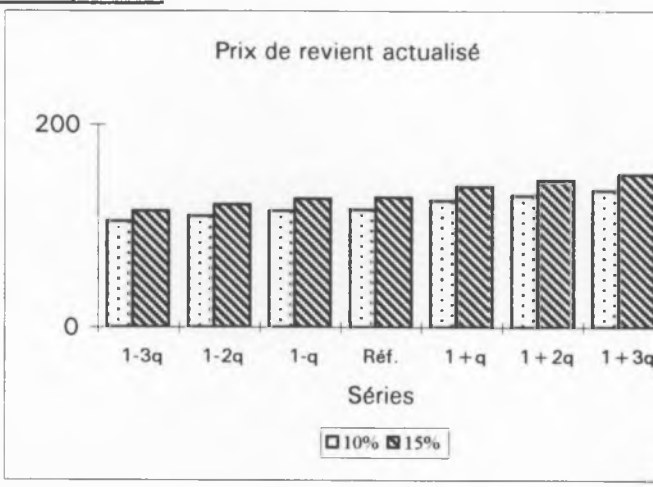
Tableau :Projet CIB POKOLA

Tableaux de sensibilité pour les critères de variation retenus

Niveau de production
Coef.

		Série 1	Série 2	Série 3	Série 4	Série 5	Série 6	Série 7
Critères	Coef.	1- 3q	1- 2q	1- q	référence	1 + q	1 + 2q	1 + 3q
Chaudière	10,0%	-30,0%	-20,0%	-10,0%	-	10,0%	20,0%	30,0%
Groupe turbo	10,0%	-30,0%	-20,0%	-10,0%	-	10,0%	20,0%	30,0%
Séchoirs	10,0%	-30,0%	-20,0%	-10,0%	-	10,0%	20,0%	30,0%
Diesel substitué					-			
facteur de charge					-			
Taux de Rentabilité Interne		42%	37%	32%	28%	25%	22%	19%
Prix de revient actu.	10%	105	110	115	116	125	130	135
Prix de revient actu.	15%	115	121	127	128	139	145	151





Délai de récupération des fonds investis

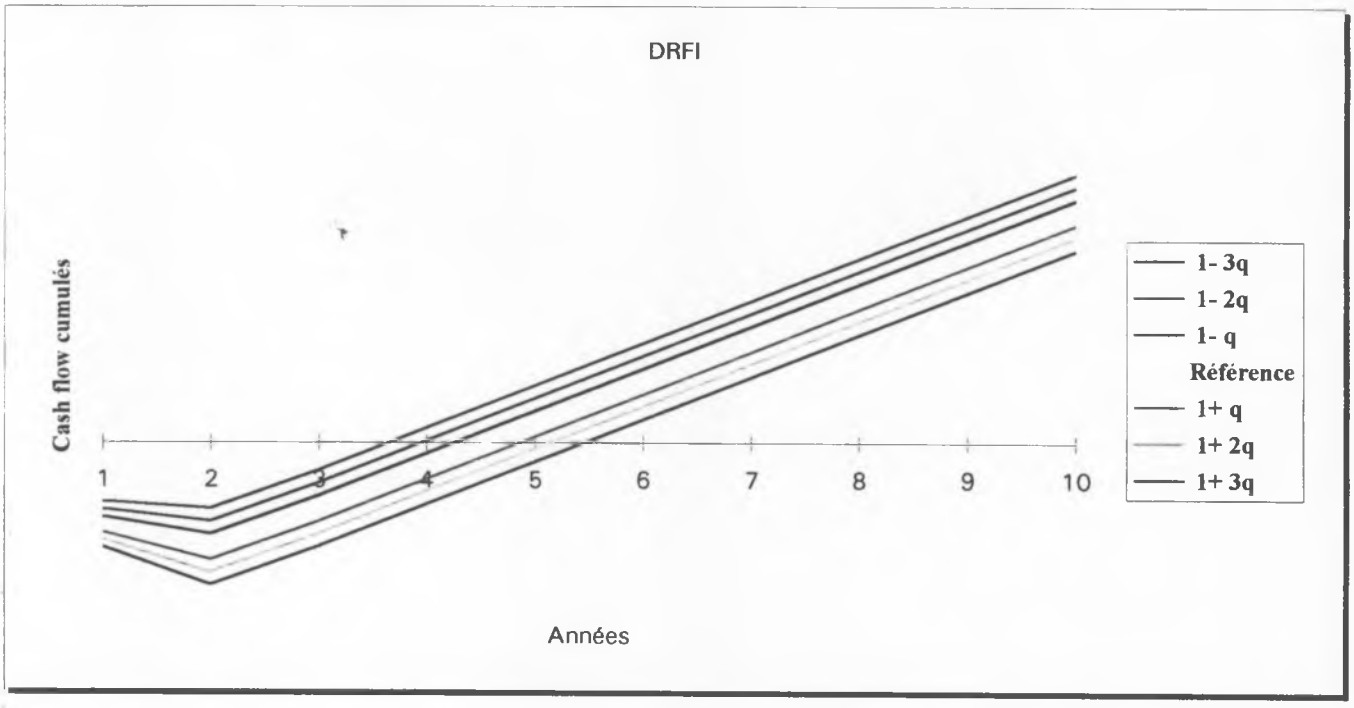
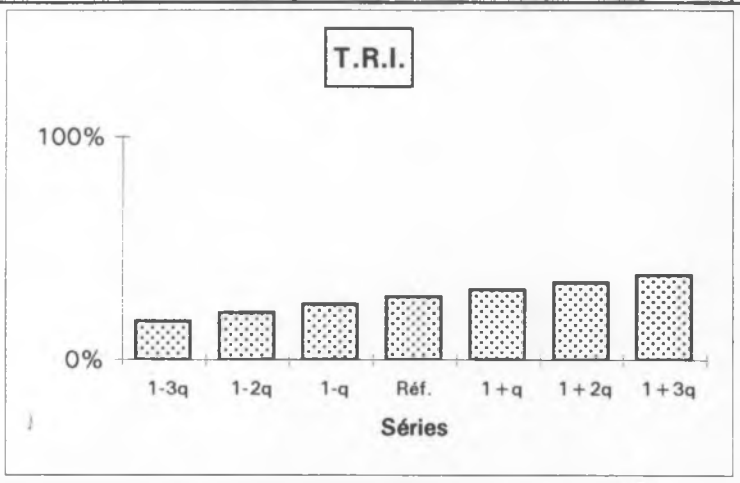


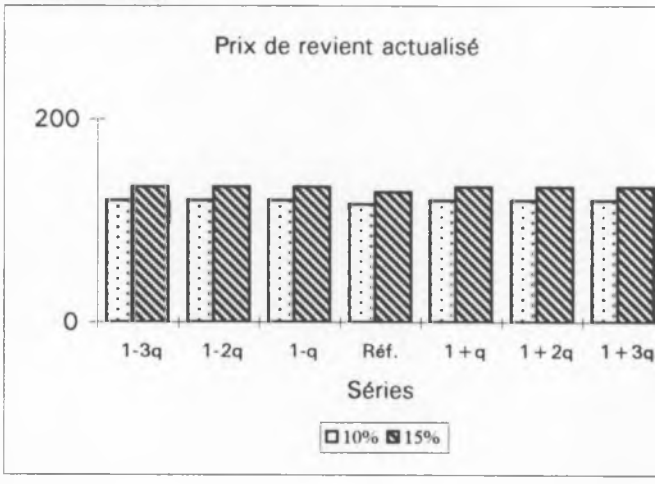
Tableau :Projet CIB POKOLA

Tableaux de sensibilité pour les critères de variation retenus

Niveau de production
Coef.

Critères	Coef.	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4	Série 5	Série 6	Série 7
		1- 3q	1- 2q	1- q	référence	1 + q	1 + 2q	1 + 3q
Chaudière					-			
Groupe turbo					-			
Séchoirs					-			
Diesel substitué	10,0%	-30,0%	-20,0%	-10,0%	-	10,0%	20,0%	30,0%
facteur de charge					-			
Taux de Rentabilité Interne		17%	21%	25%	28%	31%	35%	38%
Prix de revient actu.	**10%**	120	120	120	116	120	120	120
Prix de revient actu.	**15%**	133	133	133	128	133	133	133





Délai de récupération des fonds investis

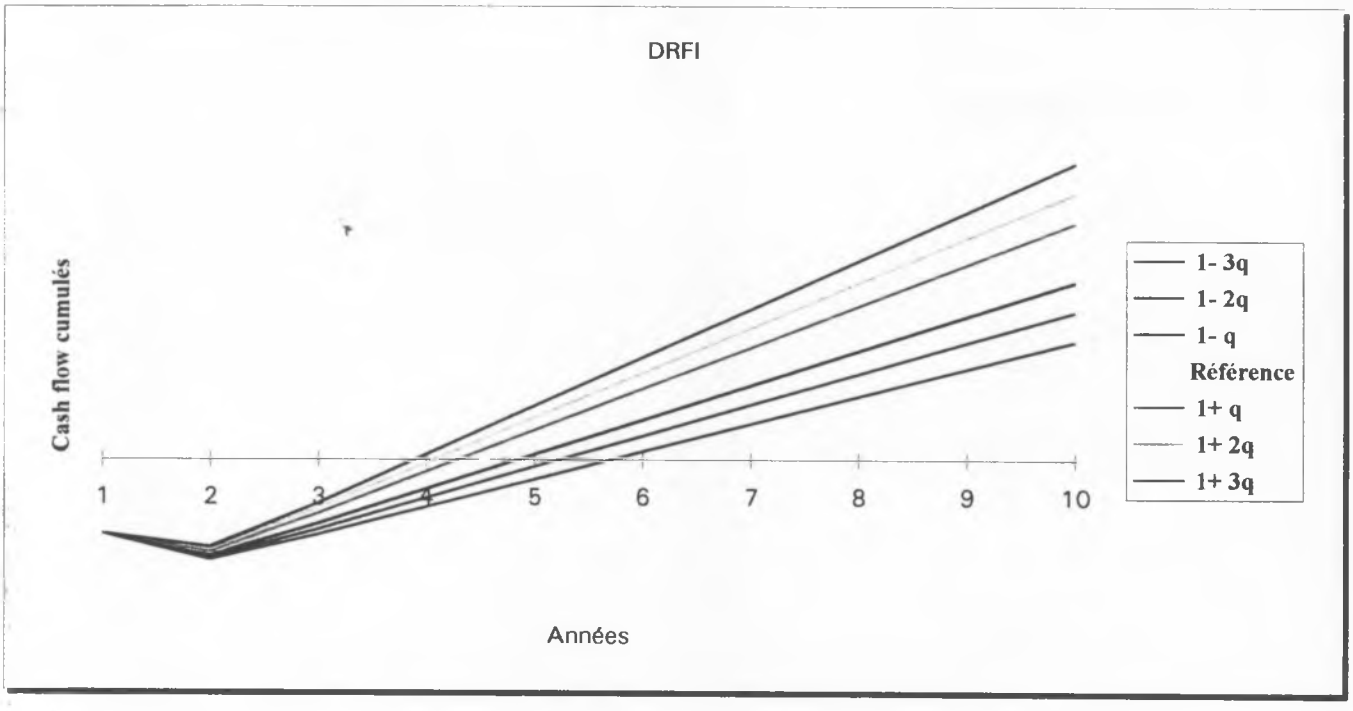
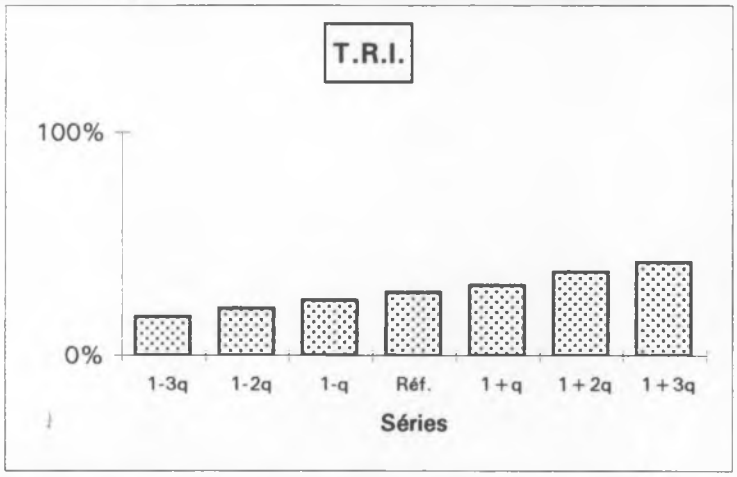


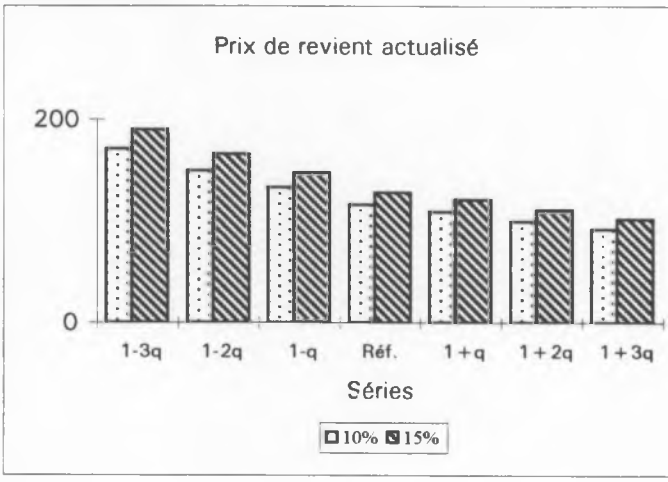
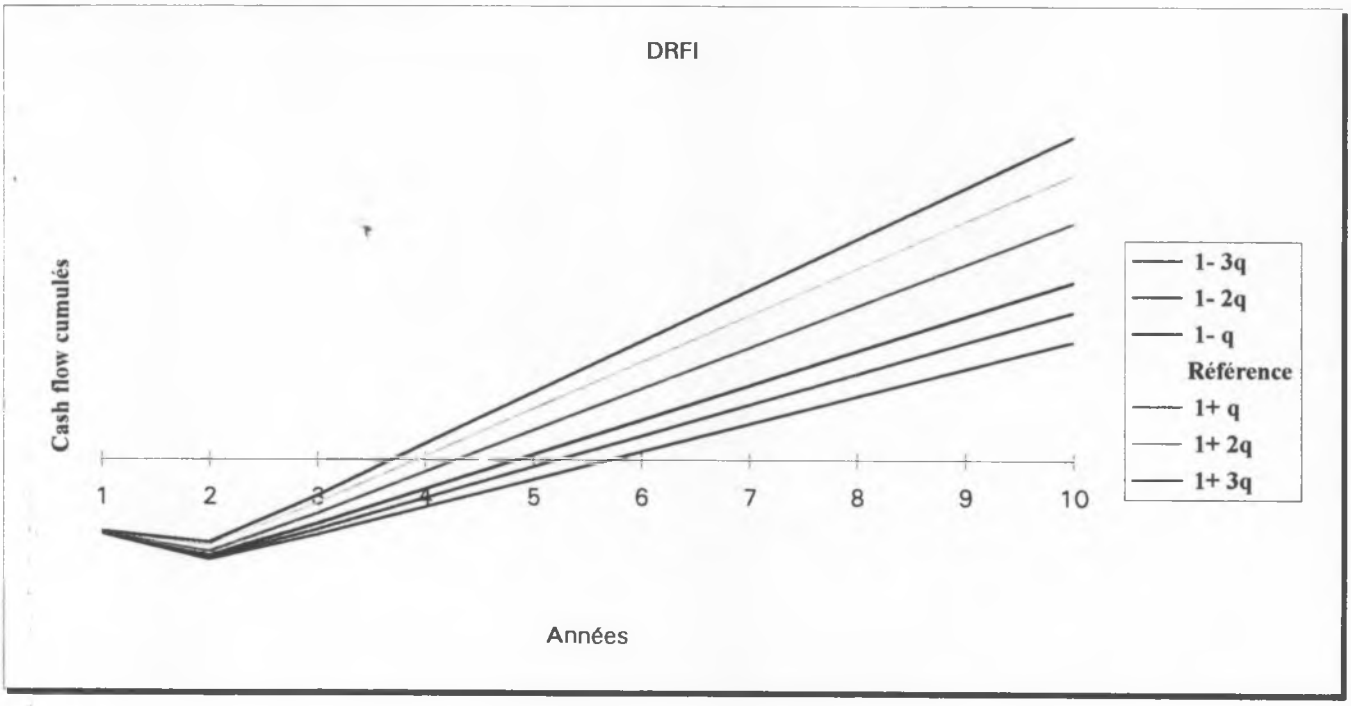
Tableau :Projet CIB POKOLA

Tableaux de sensibilité pour les critères de variation retenus

Niveau de production
Coef. 10%

Critères	Coef.	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4	Série 5	Série 6	Série 7
		1- 3q	1- 2q	1- q	référence	1 + q	1 + 2q	1 + 3q
Chaudière					-			
Groupe turbo					-			
Séchoirs					-			
Diesel substitué					-			
facteur de charge	10,0%	-30,0%	-20,0%	-10,0%	-	10,0%	20,0%	30,0%
Taux de Rentabilité Interne		17%	21%	25%	28%	31%	37%	42%
Prix de revient actu.	**10%**	171	149	133	116	109	100	92
Prix de revient actu.	**15%**	190	166	148	128	121	111	102





Délai de récupération des fonds investis