

Titre du projet : Efficacité énergétique, Etude technique et financière pour la réalisation d'une centrale de production de l'électricité et du gaz à partir des déchets (tiges de coton et autres résidus agricoles) : Cas de l'usine d'égrenage de coton de CCB

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER SPECIALISE EN GENIE ELECTRIQUE ENERGETIQUE ET ENERGIES RENOUVELABLES

Présenté et soutenu publiquement le 15 novembre 2011 par

Machioudi LASSISSI

Travaux dirigés par : Sayon SIDIBE

Docteur-Ingénieur, Enseignant au ZiE

UTER : GEI (Génie Energétique et Industriel)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Yezouma COULIBALY

Membres et correcteurs : Sayon SIDIBE
Francis SEMPORE
Madieumbe GUEYE

Promotion [2010/2011]

CITATIONS

"On ne subit pas l'avenir, on le fait."

- Bernanos Georges -

REMERCIEMENTS/ DEDICACES

Mes sincères remerciements et gratitude à :

Monsieur Eustache KOTINGAN, Administrateur du groupement ICA-GIE

Pour m'avoir permis de mener cette étude, pour votre esprit d'ouverture aux évolutions technologiques et pour votre talent managérial.

Monsieur Sayon SIDIBE, Professeur au 2iE

Pour votre encadrement, votre célérité, vos conseils et votre patience

Madame Sylvie KIENOU OUEDRAOGO,

Votre capacité d'écoute, votre dynamisme, votre promptitude et votre célérité nous ont été très utiles.

Toute l'équipe pédagogique de la filière GEER, en particulier à Guy Tofangui KONE et Madame Mariam SIDO PABYAM

Pour la qualité et la rigueur de l'encadrement.

L'ensemble du corps professoral de la filière GEER – 2iE / FOAD

Pour la qualité des cours, des travaux dirigés et des rencontres synchrones.

Madame Sidonie DOSSOU LASSISSI

Pour le sacrifice consenti.

1. Liste des abréviations

ABERME	: Agence Béninoise chargé de l'Electrification Rurale et de la Maîtrise d'Energie
AND	:Autorité Nationale Désignée
CCB SA	: Compagnie Cotonnière du Bénin - Société Anonyme
CEB	: Communauté Electrique du Bénin
COGEN	: Cogénération
DGE	: Direction Générale de l'Energie
EOD	:Entité Opérationnelle Désignée
GE	: Groupe électrogène
GO	: Gasoil
ICA-GIE	: Industries Cotonnières Associées - Groupement d'intérêts économiques
LED	: Light Emitting Diode
MDP	:Mécanisme de Développement Propre
NIP	: Note d'idée de projet
PE	: Pétrole
SBEE	:Société Béninoise d'Energie Electrique
VAN	: Valeur actuelle nette
VEV	:Variateur électronique de Vitesse

SOMMAIRE

<i>Sommaire</i>	01
<i>Liste des tableaux</i>	02
<i>Liste des figures</i>	03
<i>Résumé</i>	04
<i>Problématique de l'étude</i> <i>(Thème - Contexte - Objectifs - Méthodologie - Résultats attendus)</i>	06
<i>Volet efficacité énergétique : Réseaux électriques et distribution de vapeur</i> <i>(Constats - analyses - propositions de solutions - Résultats)</i>	14
<i>Volet Energie propre - Cogénération</i> <i>(Constats - analyses - propositions de solutions - Résultats)</i>	30
<i>Etude financière du projet cogénération</i>	38
<i>Cadre institutionnel et réglementaire</i>	40
<i>Conclusions Recommandations et Perspectives</i>	41
<i>Bibliographie</i>	42
<i>Annexes</i>	43
<i>Performances et rendements des humidificateurs Samuel Jackson</i>	44
<i>Tableaux d'amortissement projet cogénération</i>	45
<i>Modèle de Note d'Idée de Projet</i>	47
<i>Consommation fossiles et émissions CO2 en l'absence du projet</i>	54
<i>Exemples en photos de projets similaires</i>	56

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau N°01** : Capacité de production de l'usine CCB
- Tableau N°02** : Qualité moyenne de la production de l'usine
- Tableau N°03** : Principaux ratios de consommation de l'usine
- Tableau N°04** : Historique du facteur de puissance ($\cos\phi$)
- Tableau N°05** : Liste des luminaires de l'usine
- Tableau N°06** : Récapitulatif des luminaires et propositions d'équivalents économiques
- Tableau N°07** : Historique $\cos\phi$ - Facteur de puissance de l'usine CCB
- Tableau N°08** : Résultats des mesures d'intensité sur quelques moteurs électriques
- Tableau N°09** : Récapitulatif des Temps de fonctionnement à vide
- Tableau N°10** : Potentiel d'économie d'énergie
- Tableau N°11** : Evaluation des pertes de flux de vapeur en absence de calorifugeage
- Tableau N°12** : Besoins de flux d'air humide et chaud pour un bon fonctionnement
- Tableau N°13** : Point des besoins en gaz pour le fonctionnement du process
- Tableau N°14** : Disponibilité de la biomasse dans l'environnement de Kandi
- Tableau N°15** : Récapitulatif des besoins en tonnes de biomasse
- Tableau N°16** : Composition du gaz combustible produit par le cogénérateur
- Tableau N°17/18** : Données de l'étude financière
- Tableau N°19** : Performances et rendements des humidificateurs Samuel Jackson
- Tableau N°20** : Tableau d'amortissement (2000h) / Investissement cogénération
- Tableau N°21** : Tableau d'amortissement (7000h) / Investissement cogénération
- Tableau N°22**: Consommation de gasoil et pétrole et émissions de CO₂ en l'absence du projet
- Tableau N°23** : Coefficients de conversion

LISTE DES FIGURES

- Figure 01** : Photographie aérienne du site de l'usine CCB
- Figure 02** : Photographie aérienne du site de l'usine CCB
- Figure 03** : Photographie aérienne du site de l'usine CCB
- Figure 04** : Photographie de l'intérieur du bâtiment d'égrenage de l'usine CCB
- Figure 05** : Photographie de l'intérieur du bâtiment d'égrenage de l'usine CCB
- Figure 06** : Schéma simplifié du process de l'usine CCB
- Figure 07** : Calcul de la puissance réactive à compenser
- Figure 08** : Photographie tuyauterie d'aspiration entre vanne à deux voies et BIG J
- Figure 09** : Photographie tuyauterie d'aspiration entre vanne à deux voies et BIG J
- Figure 10** : Photographie des moteurs et des ventilateurs d'aspiration
- Figure 11** : Photographie du moteur et du ventilateur "Pull Fan" du nettoyeur incliné
- Figure 12** : Photographie du moteur et du ventilateur "Pull Fan" du nettoyeur incliné
- Figure 13** : Photographie des moteurs et des pompes du groupe hydraulique
- Figure 14** : Photographie des moteurs et des pompes du groupe hydraulique
- Figure 15** : Photographie du Banjo II monté en amont d'un ventilateur centrifuge
- Figure 16** : Photographie du Banjo II monté en amont d'un ventilateur centrifuge
- Figure 17** : Moteur électrique asynchrone de 110 KW monté sur une égreneuse
- Figure 18** : Exemple de calorifugeage d'une tuyauterie (www.samjackson.com)
- Figure 19** : Photographie du brûleur à gaz à adapter à l'ancien humidificateur à pétrole
- Figure 20** : Schéma du processus de gazéification retenu
- Figure 21** : Schéma et description du procédé à lit fixe co-courant
- Figure 22** : Structure de l'installation d'un système de gazéification par pyrolyse
- Figure 23** : Graphique illustrant le scénario de référence et les émissions du projet

Résumé

Actuellement dans les entreprises industrielles, la consommation d'énergie représente en moyenne 10 à 20% des charges d'une entreprise tertiaire ou d'une administration, et plus de 30% du budget d'une entreprise industrielle. Les conséquences économiques de la hausse des prix de l'énergie sont une diminution de la marge d'exploitation et une baisse de la compétitivité.

Le budget énergie représente ainsi une source de gain de rentabilité, aujourd'hui souvent sous-exploitée.

L'étude menée dans ce document, bien qu'elle n'ait pas été exhaustive, a permis d'identifier pour le compte de la CCB, un potentiel d'économie d'énergie dans les domaines ci-après :

- Le remplacement des combustibles fossiles par la biomasse,
- L'éclairage,
- Les moteurs électriques d'égreneuses et ceux des ventilateurs centrifuges et des pompes hydrauliques,
- La réduction de l'énergie réactive par la mise en place de batteries de condensateurs,
- Le circuit de distribution de la vapeur humide,
- L'amélioration de la qualité du courant électrique par la mesure des harmoniques et leur suppression.

Mots Clés :

1 - Egrenage de coton

2 - Efficacité énergétique

3 - Cogénération

4 - Gazéification

5 - MDP

Summary

At present in industrial companies, the energy consumption represents on average 10 to 20 % of the financial charges of a tertiary company or an administration, and more than 30 % of the budget of an industrial company. The economic consequences of the increase in prices of the energy are a decrease of the operating margin and a decline of the competitiveness.

The budget energy so represents a source of gain of profitability, today often underexploited.

The study done in this document, although it is not been exhaustive, allowed to identify for the CCB company, a potential of energy saving in domains below:

- The replacement of fossil fuels by the biomass,
- The lighting,
- The electric motors for gin machines and those for centrifugal fans and hydraulic pumps,
- The reduction of the reactive energy by the implementation of capacitors,
- The distribution network of the wet vapor (humid steam),
- The improvement of the quality of the electric current by the measure of the harmonic and their suppression.

Key Words:

- 1 - Cotton ginning, Continental eagle**
- 2 – Energy efficiency**
- 3 - Cogeneration**
- 4 - Gasification**
- 5 - CDM (Clean Development Mechanism)**

RAPPEL DU PROJET DE FIN D'ETUDE

Intitulé de la formation : Master spécialisé M2 en Génie Electrique, Energétique et Energies Renouvelables (GEER)

Année universitaire: 2010 – 2011

Nom et Prénoms : LASSISSI Machioudi

1. Structure d'accueil

Nom : Industries Cotonnières Associées – GIE (ICA-GIE)

Domaine d'activités : Egrenage de coton graine – trituration de la graine de coton et du soja

Adresse physique : Siège à Cotonou au Bénin, Immeuble SDI, PK6,5 Route de Porto-Novo

Boite postale : 05BP9087

Tél. : (+229) 21 33 58 35, Fax : (+229) 21 33 58 40, Email : info@ica-groupe.net

Personne à contacter : KOTINGAN Eustache

Fonction : Administrateur

Tel (Bur) : (+229) 21 33 58 35 Tel (mob) : (+229) 95 05 95 63 Email : info@ica-groupe.net

2. Description du projet ou du stage

- a) **Commande de la structure d'accueil** : Amélioration des performances énergétiques et de l'efficacité énergétique en vue de la réduction du coût de l'énergie dans l'exploitation des usines.
- b) **Thème du projet** : Etude technique et financière pour la réalisation d'une centrale de production de l'électricité et du gaz à partir des déchets (tiges de coton et coques de graine de coton) : Cas de l'usine d'égrenage de coton de CCB.
- c) **Contexte du projet** : Le groupement ICA-GIE gère cinq usines d'égrenage de coton et une usine de trituration de graine, toutes implantées sur le territoire béninois. Quatre des six (06) usines ont chacune une puissance installée de 1000 KW et environ 1700 KW pour les deux autres. Depuis près de 15 ans, en raison des limites de la structure étatique de distribution de l'électricité (La Société Béninoise d'Energie Electrique, la SBEE), les usines du groupement ICA-GIE ont été contraintes d'assurer leur autonomie électrique par l'usage des groupes

électrogènes impliquant des dépenses énormes liées à la consommation de gasoil et à la maintenance.

Même si la démarche actuelle du groupement ICA-GIE est de faire connecter ses usines au réseau de distribution de la SBEE, il faut noter que cette solution a aussi des conséquences liées à l'instabilité et aux difficultés de la SBEE à couvrir efficacement tous les besoins des consommateurs qui subissent des délestages inopinés et de longue durée.

Dans ces conditions, le recours à l'énergie renouvelable est souhaitable. Le choix de la production de l'énergie électrique à base de la biomasse est judicieux en raison de l'activité des usines qui est génératrice de déchets (Principalement, les tiges de coton issues de la culture du coton-graine).

d) Objectifs du projet :

- i. Rendre autonome l'usine en termes d'énergie électrique,
- ii. Améliorer la performance énergétique de l'usine dans tous ses compartiments,
- iii. Baisser la facture énergétique
- iv. Réduire au strict minimum la consommation des énergies fossiles (Gasoil et pétrole) afin de contribuer au mécanisme du développement propre

e) Méthodologie envisagée : Il s'agira de :

1^{er} volet : Efficacité énergétique

- i. Faire un Audit énergétique afin d'identifier les points faibles du process et proposer des solutions devant conduire à l'amélioration de l'efficacité énergétique de l'usine,
- ii. Améliorer le cosinus φ , réduire ou supprimer la consommation de pétrole dans les humidificateurs par un préchauffage de la plaque qui reçoit l'eau à l'aide du gaz propre.

2^{ème} volet : Energie propre

- iii. Faire l'étude technique et financière pour l'installation d'une centrale de production d'énergie électrique à partir des coques de graine de coton ou à partir des tiges de coton, par le principe de cogénération qui sera décrit ultérieurement,
- iv. Présenter les avantages d'un tel projet afin de décider l'investisseur,

- v. Faire ressortir le coût de l'investissement, les gains financiers découlant de la mise en œuvre du projet, la durée de l'amortissement
- vi. Faire ressortir la possibilité d'obtenir des crédits carbone ou des financements dans le cadre du MDP.

f) Résultats attendus

- i. Le groupement ICA dispose d'un rapport clair qui force sa décision d'investir et de procéder à la mise en œuvre du projet,
- ii. Dans un délai d'un an maximum, à compter de la date de remise du rapport technique et financier, le groupement ICA met en œuvre le projet. L'usine de CCB est autonome, elle produit son énergie et vend le surplus à la SBEE.
- iii. Elle fait des gains et des recettes financières qui lui permettront à courts termes de réaliser le retour de son investissement.
- iv. Elle a amélioré son cos ϕ et son efficacité énergétique
- v. Elle a réduit au strict minimum sa consommation d'énergies fossiles (gasoil et pétrole)
- vi. Elle a baissé sa facture énergétique
- vii. Elle contribue à accroître les capacités de la SBEE à mieux couvrir les besoins des consommateurs environnants.
- viii. Elle représente un modèle qui inspire les autres usines d'égrenage de coton ou de trituration.

INTRODUCTION

La présente étude n'a pas la prétention d'avoir exploré l'intégralité des potentiels d'économies d'énergie au niveau de Compagnie Cotonnière du Bénin. Cependant, compte tenu du délai que nous avons eu, nous estimons que les résultats obtenus seront d'une grande utilité à cette entreprise.

Notre étude a porté sur un nombre restreint d'équipements ou de facteurs. Ils ont été ciblés parce qu'ils prennent la plus grande part de l'énergie électrique consommée par l'ensemble du process (Il s'agit de l'éclairage, des moteurs électriques, du facteur de puissance de l'installation, des distorsions harmoniques, de la consommation de gasoil pour produire de l'électricité, de la consommation de pétrole pour produire de l'air humide et chaud).

Pour l'éclairage, nous avons fait un inventaire de l'existant et avons pu nous rendre compte que des économies étaient possibles à ce niveau. Nous avons proposé pour chaque catégorie de luminaire son équivalent économique qui offre le même éclairage tout en consommant moins d'énergie. L'économie annuelle est évaluée à 6.318.132 FCFA. L'investissement de remplacement avoisine 19.600.000 FCFA. Le délai de récupération sera de 03 ans).

La réduction des temps de fonctionnement à vide, l'adaptation des Variateurs électroniques de Vitesses aux moteurs entraînant les pompes hydrauliques et le BLOWER, la mise en place du dispositif " BANJO " en amont des ventilateurs centrifuges, le remplacement des moteurs électriques de 110 KW par des moteurs de 90 KW sur les deux égreneuses, engendreront une économie annuelle évaluée à 9.010.034 FCFA (2.290.034 + 6.720.000).

La mise en place des batteries de condensateurs recommandées fera baisser la consommation électrique du process.

La substitution du gasoil et du pétrole par la biomasse est porteuse d'espoir à condition que la réglementation et les politiques énergétiques en vigueur au Bénin, permettent à la CCB de vendre à la SBEE le surplus d'électricité produite par cogénération au prix de 80 FCFA le KWh. Les calculs prévisionnels montrent que l'investissement est récupéré en 3 ans, lorsqu'on intègre les montants économisés par la non utilisation des combustibles fossiles, et 7 ans, lorsqu'on comptabilise uniquement les recettes issues de la vente à la SBEE du surplus.

Une modification est possible sur le groupe électrogène à gasoil existant pour l'adapter à l'usage du gaz pour la combustion. Pour cette option, la dépense d'investissement prévue pour l'achat d'un groupe neuf à gaz n'a plus lieu et le délai de récupération se raccourcit davantage.

Il faut noter que la période au cours de laquelle le stage et la présente étude ont été menés est une période d'inactivité. Si nous avons pu faire démarrer l'usine de façon sporadique, pour des essais et des prises de mesures, il faut noter que nous n'avons pas pu avoir une image fidèle du profil de consommation du process de CCB.

Nous avons donc recommandé que soit installé dès le démarrage des activités de la saison prochaine, un enregistreur de paramètres électriques. Ceci permettra de tracer la monotone des puissances sur toute l'année, d'avoir des renseignements plus détaillés sur les performances et contreperformances de l'usine, d'avoir les différents profils de consommation des différents compartiments de l'usine.

La même méthodologie pourra être utilisée et étendue dans le futur au reste des équipements qui n'ont pas fait l'objet de cette étude, faute de temps.

Ce travail sera utile aux techniciens des usines d'égrenage de coton de l'espace UEMOA qui sont équipées pratiquement de machines de même marque que celles l'usine CCB. Il sera aussi utile aux techniciens des autres secteurs d'activités, tant que leurs process utilisent des moteurs électriques asynchrones, des ventilateurs centrifuges, des pompes hydrauliques, ... Ils pourront en effet adapter la présente étude à leur propre contexte pour réduire les gaspillages d'énergie et faire des économies.

Nous avons proposé un modèle de Note d'idée de projet afin d'aider les porteurs dudit projet ou de projet similaire à enclencher la procédure de soumission du projet au Mécanisme de Développement Propre.

Informations sur l'usine d'égrenage de coton

Membre du groupement ICA-GIE, cette usine est montée en 1995. Tous les équipements sont fabriqués par la compagnie américaine CONTINENTAL EAGLE spécialisée dans la fabrication des machines d'égrenage de coton graine.



Figure 1



Figure 2



Figure 3



Figure 4



Figure 5

Figure 6

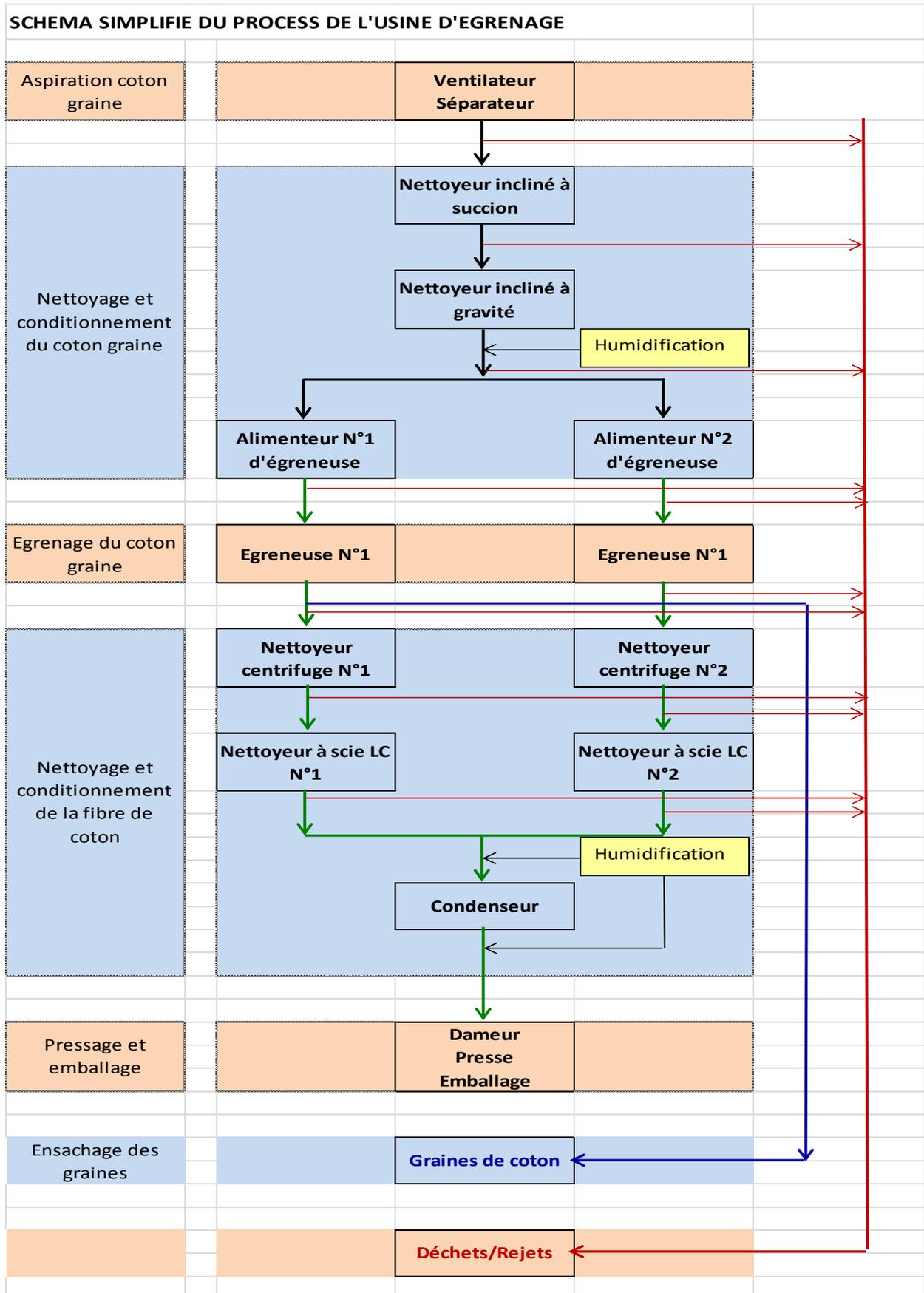


Figure 6 bis

	Circuit fibre de coton		
	Circuit graine de coton		
	Circuit déchets de coton		
Les combustibles utilisés sont :			
Le gasoil pour le groupe électrogène			
Le pétrole pour l'humidificateur			
Les besoins en énergie du process sont :			
L'électricité produite par le groupe électrogène			
L'air comprimé généré par un compresseur à pistons			
Toute la matière (Coton graine, fibre de coton, graine de coton, déchets de coton, air humide et chaud) est transportée dans des tuyauteries par aspiration ou refoulement et dans des goulottes par vis sans fin. D'où la présence dans le process, de ventilateurs centrifuges et ventilateurs axiaux.			

Quelques données relatives à l'exploitation de l'usine

Capacité de production (Tableau N°1)

Coton graine	Tonne	25 000
Rendement fibre	%	43,00%
Rendement graine	%	53,00%
Taux de déchets	%	4,00%
Fibre	Tonne	10 750
Graines	Tonne	13 250

Qualité moyenne de la production (Tableau N°2)

Grade	Très Bon et bon	Kaba/S et Kaba	70%
	Moyen	Bela	25%
	Médiocre	Autres	5%
Longueur de soie	Très Bon et bon	1"1/8 et plus	Plus de 98%
	Moyen	1"3/32	Moins de 2%
	Médiocre	Moins de 1"3/32	0%

Principaux ratios de consommation (Tableau N°3)

Gasoil consommé	Litre par tonne de fibre produite	37 à 38
	Litre par kilowattheure produit	0,28
Pétrole consommé	Litre par tonne de fibre produite	14 à 15
Electricité	KWh par tonne de fibre produite	130 à 135

Historique du cosinus phi (Tableau N°4)

Campagne 2007-2008	0,75	L'amélioration notée en 2011 est le résultat de 03 batteries de condensateurs de 50 kvar chacune installées vers fin 2010
Campagne 2008-2009	0,75	
Campagne 2009-2010	0,75	
Campagne 2010-2011	0,82	

VOLET : EFFICACITE ENERGETIQUE

Pour chacun des titres ci-dessous cités, nous présenterons les irrégularités ou insuffisances constatées au cours de notre stage et qui sont sources de gaspillage d'énergie. De même, nous proposerons des solutions pour chaque cas. Il s'agit des points ci-après :

ECLAIRAGE

POINT DES LUMINAIRES DE L'USINE (Tableau N°5)				
N°	LIEU	Type de lampe	Puissance (en W)	Qté installée
1	Clôture	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,20m)	2X36 W	5
		Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,50m)	2X58 W	4
2	Magasin N°1	Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X150 W	4
3	Magasin N°2A	Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X150 W	1
		Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X400 W	1
4	Magasin N°2B	Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X150 W	1
		Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X400 W	1
5	Batiment d'égrenage	Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X250 W	5
		Lanterne THORN HQL DISCHARGE LAMP	1X250 W	18
		Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,50m)	2X58 W	24
		Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,20m)	2x36 W	11
6	Cyclônes	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,50m)	2X58 W	3
		Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X150W	1
7	Bureaux	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,20m)	2x36 W	14
		Lampe à incandescence	1X60 W	4
8	Ensachage graine	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,50m)	2X58 W	7
		Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X250 W	1
9	Magasin pièces détachées	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,20m)	2X36 W	16
10	magasin outillage	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,50m)	2X58 W	7
11	Centrale diesel	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,50m)	2 X58 W	5
		Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,20m)	2X36 W	3
		Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X250 W	1
12	Cuve centrale	Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X150 W	1
13	Chambre à poussière N°2	Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X400W	1
14	Château d'eau	Projecteur MZDA (IDE)	1X1000 W	1
15	Conteneur n°17	Projecteur MZDA (IDE)	1X1000 W	1
16	Local gardien	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,20m)	1X36 W	2
17	Local surpresseur	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,50m)	1X58W	5
		Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,20m)	2X36W	2
18	Sanitaires n°1	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,20m)	1X36W	9
19	Sanitaires n°2	Lampe à incandescence	1X60W	4
20	Aire à balles	Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	2X400W	1
21	Cour de l'usine	Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	2X400W	2
		Projecteur THORN (MAC-SODIUM)	1X250W	1
22	Infirmérie	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,20m)	1X36W	4
		Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (0,60m)	1X18W	1
23	Bureaux Chef quart	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (0,60m)	1X18W	3
24	Bureau Commis	Reglette (lampe fluorescente) THORN Force 7 (1,20m)	1X36W	3

RECAPITULATIF (Tableau N°6)

(NB : Dans ce tableau, la puissance des lampes fluorescentes a été multipliée par 1,25 et celles à sodium et à décharge par 1,20 pour tenir compte de la consommation des Ballasts qui représente de 25% pour les fluorescentes et 20% pour les autres)

Lampes installées	Quantité dénombrée	Puissance par réglette duo (en W)	Puissance installée (en KW)	Equivalent économique (Modèle Ecoreva)	Puissance par réglette duo (en W)	Puissance installée (en KW)	Economie d'énergie (en KW)	%
Réglette THORN à 02 lampes fluorescentes 1,20m, 2 x 36W	62	90	5,580	Tube T8, LED 1200mm, 19W	38	2,356	3,224	57,78%
Réglette THORN à 02 lampes fluorescentes 1,50m, 2 x 58W	105	145	15,225	Tube T8, LED 1500mm, 23W	46	4,830	10,395	68,28%
Projecteur THORN à une lampe Mac Sodium, 150W	8	180	1,440	Suspension LED, GL-60, 60W	60	0,480	0,960	66,67%
Projecteur THORN à une lampe Mac Sodium, 250W	8	300	2,400	Suspension LED, GL-110, 110W	110	0,880	1,520	63,33%
Projecteur THORN à une lampe Mac-sodium, 400W	7	480	3,360	Suspension LED, GL-170, 160W	160	1,120	2,240	66,67%
Lanterne THORN HQL avec lampe à décharge, 250W	18	300	5,400	Suspension LED, GL-170, 160W	160	2,880	2,520	46,67%
Projecteur MAZDA IDE, 1000W	2	1 000	2,000	Suspension LED, GL-170, 160W	160	0,320	1,680	84,00%
TOTAL			35,405			12,866	22,539	63,66%
Durée de fonctionnement pendant un an (en heure)							4 380	
Gain estimé d'énergie en KWh par an							98 721	
Gain estimé d'énergie en KWh par an (En prenant un facteur de charge de 0,85)							78 977	
Gain estimé d'énergie en FCFA par an (à raison de 80 FCFA le kWh)							6 318 132	

En plus des économies d'énergies qu'offrent l'usage des équivalents Ecoreva, la qualité de l'énergie se trouve améliorée grâce au cosinus phi de 0,92 à 0,99 et au taux d'harmonique de rang 3 inférieur à 8% qui les caractérisent.

COSINUS ϕ ET FACTEUR DE PUISSANCE

Historique du cosinus ϕ (Tableau N°7)

Campagne 2007-2008	0,75	L'amélioration notée en 2011 est le résultat de 03 batteries de condensateurs de 50 kvar installées vers fin 2010
Campagne 2008-2009	0,75	
Campagne 2009-2010	0,75	
Campagne 2010-2011	0,82	

L'objectif est de porter le facteur de puissance de 0,82 à 0,97

Figure 7

$\cos\phi_1 = 0,820 \Rightarrow \phi_1$	0,6094	34,92 °C	
$\cos\phi_2 = 0,97 \Rightarrow \phi_2$	0,2456	14,07 °C	
$\text{tg}\phi_1 =$	0,6980		
$\text{tg}\phi_2 =$	0,2506		
$\text{tg}\phi_1 - \text{tg}\phi_2 =$	0,4474		
$Q = P(\text{tg}\phi_1 - \text{tg}\phi_2) =$	492,12		
Angle OAX = ϕ_1			
Angle OBX = ϕ_2			
P = Puissance active			
Q = Puissance réactive			
S = Puissance apparente			
$S^2 = P^2 + Q^2$			

La puissance Q de la batterie de condensateur à installer est de l'ordre de 500 KVAR.

En portant le cosinus ϕ à 0,97, la nouvelle puissance réactive sera égale à $P \cdot \text{tg}\phi_2 = 1100 \cdot 0,2506 = 275 \text{ kvar}$ contre 768 kvar au départ ($P \cdot \text{tg}\phi_1 = 1100 \cdot 0,6980$).

Ceci représente un gain énorme d'énergie. Le montant épargné en termes de pénalité pour mauvais cosinus ϕ est estimé à **11 520 000 FCFA** $[(0,90-0,82) \cdot 900\text{KW} \cdot 2000\text{h} \cdot 80\text{FCFA}]$

PROFIL DE LA CONSOMMATION DE L'USINE :

Il faut avouer que personne ne s'était préoccupé auparavant du profil de consommation de l'usine. Malheureusement, il n'existait pas un enregistreur de paramètres à mémoire, susceptible de fournir des renseignements sur la consommation horaire sur toute l'année ou sur toute la période de production. L'analyseur de réseau monté sur le TGBT permet juste de lire directement les différents paramètres au cours de la production. Il est envisagé qu'un enregistreur de paramètres soit installé dès le démarrage des activités en décembre 2011 jusqu'à l'arrêt de la production. Les données enregistrées au cours de cette période permettront de tracer **la monotone des puissances** et de pouvoir faire une analyse plus fine du profil réel de consommation de cette usine.

Néanmoins, en raison de notre expérience sur l'activité d'égrenage, nous savons que les machines tournent fréquemment à vide pour plusieurs raisons :

1. Panne sur une machine ou sur une ligne,
2. Entretien préventif consistant au soufflage régulier dans les machines avec de l'air comprimé,
3. Saturation ou engorgement d'une machine, nécessitant la suspension provisoire de son approvisionnement,
4. Machine ayant entamé un cycle, qui ne permet plus son alimentation tant que le cycle n'est pas terminé, ...

Ainsi, les moteurs électriques, les ventilateurs centrifuges, les pompes hydrauliques, en aval de la machine en état d'engorgement, ou en cours de cycle, tournent à vide.

Il y a donc lieu de mesurer les temps de fonctionnement à vide et d'évaluer l'énergie gaspillée qui en découle.

En attendant les résultats de l'enregistreur de paramètres qui sera installé sur toute la période de production, une estimation des temps d'arrêts et des gaspillages d'énergie qui y sont rattachés seront présentés dans le présent rapport.

ESTIMATION DES PERTES D'ENERGIE LIEES AU TEMPS DE FONCTIONNEMENT A VIDE DES PLUS GROS MOTEURS ELECTRIQUES

- ❖ Des ventilateurs centrifuges de déchargement coton-graine,
- ❖ Du ventilateur pull fan du nettoyeur incliné, et celui des déchets Lint Cleaner,
- ❖ Du ventilateur BLOWER de refoulement des graines,
- ❖ Des pompes hydrauliques.

Estimation du temps de fonctionnement à vide des ventilateurs centrifuges de déchargement coton-graine

Dans les conditions normales de fonctionnement, le transport du coton graine des télescopes vers la trémie de régulation du BIG J se passe de manière cyclique. Dans un premier temps, un scanneur détectant le niveau "bas" du coton dans la trémie du BIG J, commande l'ouverture du volet nommé " BAGGER RAM", situé sur la tuyauterie d'aspiration et permettant le transport du flot de coton par aspiration. Au bout de trois minutes environ, la trémie se remplit, un autre scanneur détectant le niveau "haut", commande la fermeture du volet BAGGER RAM.

A partir de cet instant, la tuyauterie d'aspiration reste vide pendant trois minutes environ, jusqu'à



Figure 8



Figure 9

ce que le scanneur niveau bas soit à nouveau excité. Ainsi, en une heure de fonctionnement, la tuyauterie d'aspiration située entre le BAGGER RAM et le BIG J, transporte le coton graine pendant trente (30) minutes et reste vide pendant trente (30) autres minutes environ. **Les deux ventilateurs d'aspiration tournent donc à vide pendant trente minutes en une heure.**



Figure 10 (Ventilateurs d'aspiration + Moteur)

Estimation du temps de fonctionnement à vide du ventilateur centrifuge " PULL FAN " du Nettoyeur incliné

La tuyauterie entre la tour de séchage et le Nettoyeur incliné est vide lorsque les boîtes à vide du BIG J sont à l'arrêt. Ces boîtes à vide sont mises à l'arrêt, lorsque les trémies " FEEDER " sont engorgées de même que le convoyeur distributeur les alimentant. La durée de ce type d'évènement est estimée à dix minutes pour une heure de fonctionnement. **Autrement dit, le ventilateur centrifuge " pull fan " du Nettoyeur incliné tourne à vide pendant dix(10) minutes pour une heure de fonctionnement.**



Figure 11



Figure 12

(Ventilateur " Pull fan " du Nettoyeur incliné + Moteur)

Estimation du temps de fonctionnement à vide du ventilateur centrifuge " PULL FAN " de récupération des déchets du Lint Cleaner

Ce ventilateur tourne à vide ou est en sous-emploi toutes les fois que les égreneuses ne débitent plus. **Ceci arrive environ dix(10) minutes par heure comme dans le cas précédent.**

Estimation du temps de fonctionnement à vide du ventilateur de refoulement " BLOWER " des graines de coton vers le site d'ensachage

La tuyauterie située entre la boîte à vide graine et le local d'ensachage se vide dès les instants qui suivent le sous-emploi ou l'arrêt de l'une ou de l'ensemble des deux égreneuses. Ceci arrive, en cas de panne, de bourrage ou d'entretien ponctuels sur les égreneuses ou sur les machines situées en aval (Lint Cleaners, Condenseur et Presse). **Le temps de fonctionnement à vide du BLOWER est estimé à huit (08) minutes en une heure.**

Estimation du temps de fonctionnement à vide des pompes hydrauliques du groupe hydraulique
Toutes les fois que l'ensemble PRESSE est à l'arrêt suite à une panne ou à un bourrage de courte durée, les pompes hydrauliques tournent à vide. **Les temps de fonctionnement à vide ou à charge partielle de l'ensemble PRESSE sont au minimum de vingt minutes par heure** (Une minute toutes les 3 minutes, multiplié par 20 = 20 minutes).



Figure 13

Figure 14

Groupe hydraulique (Pompes hydrauliques et moteurs électriques les entraînant)

Résultats des mesures d'intensité (Tableau N°8)

Moteurs ventilateur d'aspiration 1 et 2						
75 HP, 1500RPM, 109 A						
Désignation	I1	I2	I3	I1	I2	I3
Registre fermé	69,3	71,9	58,9	71,6	71,6	60,5
Registre ouvert	92,2	95,1	83,1	90,4	95,2	81,9
Ecart	22,90	23,20	24,20	18,80	23,60	21,40
Moyenne intensité	23,43			21,27		
Puissance moyenne	15,41			13,98		
	Moteur 1			Moteur 2		
Moteur ventilateur du nettoyeur incliné						
75 KW, 1500RPM, 135 A						
Désignation	I1	I2	I3			
Registre fermé	86,5	84,1	79,2			
Registre ouvert	95,5	100,1	88,2			
Ecart	9,00	16,00	9,00			
Moyenne intensité	11,33					
Puissance moyenne	7,45					
Moteur ventilateur récupération déchets LC						
37 KW, 1500RPM, 74 A						
Désignation	I1	I2	I3			
Registre fermé	38,80	39,30	37,70			
Registre ouvert	52,10	54,70	51,80			
Ecart	13,30	15,40	14,10			
Moyenne intensité	14,27					
Puissance moyenne	9,38					

Récapitulatif des temps de fonctionnement à vide des équipements suscités

Tableau N° 9

Rep	Désignation	TF à vide par heure
1	Ventilateurs centrifuges de déchargement coton-graine	30 mn
2	Ventilateur centrifuge " PULL FAN " du Nettoyeur incliné	10 mn
3	Ventilateur centrifuge " PULL FAN " récupérateur déchets Lint Cleaner	10 mn
4	Ventilateur de refoulement des graines " BLOWER "	8 mn
5	Pompes hydrauliques du groupe hydraulique	20 mn

Potentiel d'économie d'énergie sur quelques gros moteurs électriques (Ventilateurs centrifuges et pompes hydrauliques)

Tableau N° 10

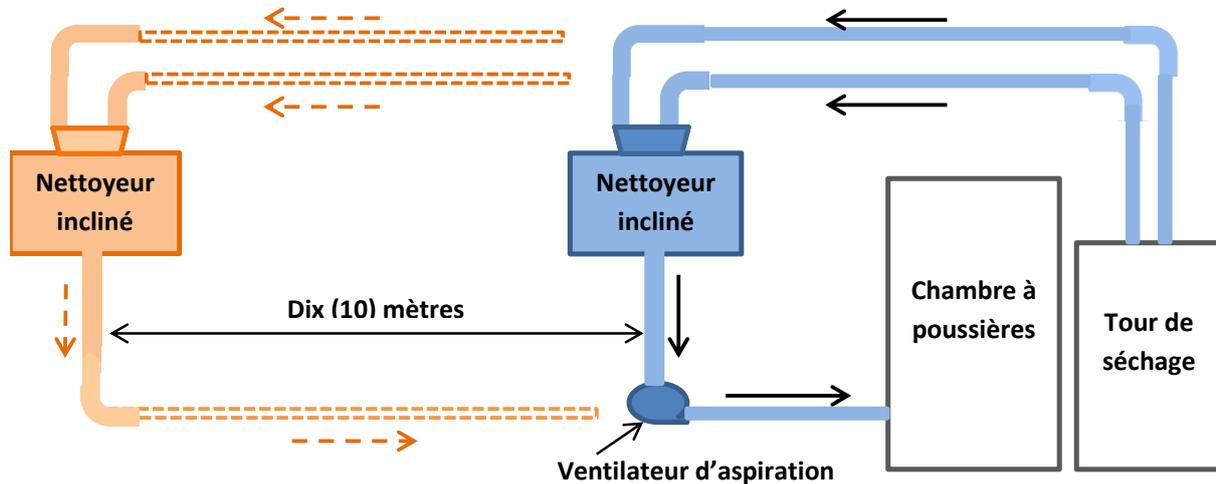
Rep	Désignation	TF à vide par heure (en heure)	TF à vide par jour * (en heure)	Potentiel d'économie (en KW)	Potentiel d'économie Jour de 19h (en KWH)	Potentiel d'économie en 2000 h (en KWH)
1	Ventilateurs centrifuges de déchargement coton graine	0,500	9,500	29,390	279,205	29 595,730
2	Ventilateur centrifuge " PULL FAN " du Nettoyeur incliné	0,167	3,167	7,450	23,592	2 500,717
3	Ventilateur centrifuge " PULL FAN " de récupération des déchets LC	0,167	3,167	9,380	29,703	3 148,553
4	Ventilateur de refoulement des graines " BLOWER "	0,133	2,533	10,455	26,486	2 807,516
5	Pompes hydrauliques du groupe hydraulique	0,333	6,333	11,000	69,667	7 384,667
TOTAL potentiel d'économie d'énergie en KWH						45 437,183
TOTAL potentiel d'économie d'énergie en KWH après prise en compte du facteur d'utilisation qui est de 0,63						28 625,425
TOTAL potentiel d'économie d'énergie en FCFA à raison de 80 FCFA par KWH						2 290 034

* Le temps moyen journalier de fonctionnement de l'usine est pris égal à 19 heures et le nombre d'heures de fonctionnement en quatre mois de 2000 heures environ (Correspondant à 106 jours d'égrenage effectif)

Le potentiel d'économie au bout de 2000 heures de fonctionnement (Durée moyenne d'une campagne cotonnière d'égrenage) est de 28 625 KWh correspondant à 2 290 034FCFA.

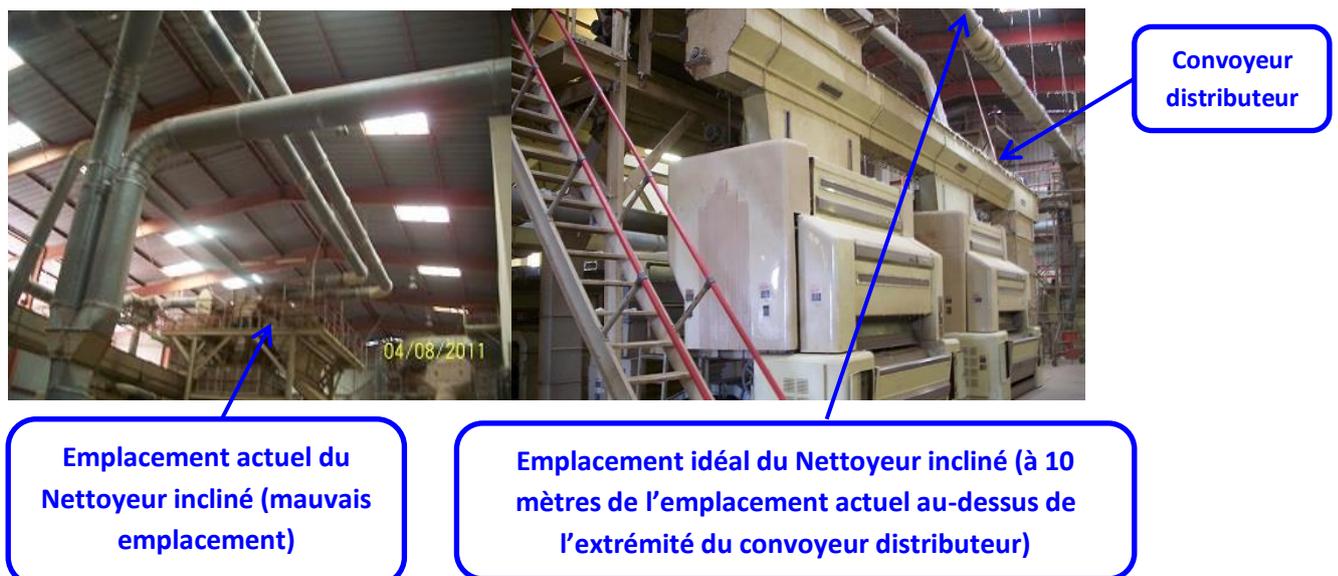
AERAUQUE

Nous avons constaté le mauvais positionnement du Nettoyeur incliné sur le process ; Ce qui a nécessité lors du montage, une plus grande longueur de tuyauterie au montage, un dimensionnement plus grand de l'ensemble ventilateur pull fan - moteur, et en conséquence, une consommation d'énergie plus élevée. Voici un schéma qui résume ce mauvais positionnement.



En couleur orange et pointillés, on voit la position du Nettoyeur incliné faisant apparaître son éloignement inutile du ventilateur d'aspiration " Pull fan ". En trait plein et en bleu, c'est la position idéale à laquelle le Nettoyeur incliné devrait être positionné par rapport au ventilateur suscit.

On note ainsi une perte de charge due au mauvais positionnement aussi bien dans la tuyauterie double d'aspiration ($\phi 12$ pouces ≈ 305 mm pour chaque tuyauterie) que dans la tuyauterie d'aspiration ($\phi 26$ pouces ≈ 660 mm).



Estimation des pertes de charge dans les deux tronçons

Tronçon composé de deux tuyauteries de 12 " (Entre la Tour de séchage et l'entrée du Nettoyeur incliné)			Tronçon de $\phi 26$ " entre le Nettoyeur incliné et le ventilateur		
Variable	Valeur	Unité	Variable	Valeur	Unité
Q	2,36	m ³ /s	Q	2,36	m ³ /s
Q/2	1,180	m ³ /s	Q/2	1,180	m ³ /s
L	10	mètre	L	10	mètre
D	0,305	m	D	0,660	m
V	16,157	m/s	V	6,893	m/s
μ	0,00001904	Kg/ms	μ	0,00001904	Kg/ms
ρ	1,112	Kg/m ³	ρ	1,112	Kg/m ³
k	0,18	mm	k	0,18	mm
Re = $\rho.V.D/\mu$	284 629		Re = $\rho.V.D/\mu$	265 843	
λ	0,018757		λ	0,016870	
ρ	1,204	Kg/m ³	ρ	1,204	Kg/m ³
g	9,810	m/s ²	g	9,810	m/s ²
J/m	9,671	Pa/m	J/m	0,731	Pa/m
J	193,422	Pa	J	7,306	Pa
P = J* Q	227,913	W	P = J* Q	17,240	W
Pabs	0,348	KW	Pabs	0,026	KW

$P_{abs} = (0,228 + 0,017)/(0,97*0,75*0,90) = \mathbf{0,374 \text{ KW}}$ (Avec $\eta_{transmission} = 0,97$, $\eta_{ventilateur} = 0,75$ et $\eta_{moteur} = 0,90$)

Propositions de solutions

Afin de réduire les consommations d'énergies pendant les périodes de flottement de toutes natures (Fonctionnement à vide ou à charge partielle), nous recommandons les mesures ci-après :

- ✓ Faire fermer par un groupe d'ouvriers dédiés à cette tâche, les registres des ventilateurs référencés 1, 2 et 3 dans le tableau ci-dessus, dès que leurs turbines tournent à vide. Cette solution est recommandée pour le court terme. En effet, à moyens termes, il faut :
- ✓ Envisager d'installer un registre commandé automatiquement en aval de chacun de ces ventilateurs. Ils se fermeront ou s'ouvriront dépendamment de la charge dans la tuyauterie d'aspiration. Ce type de registre existe sur le marché. Il s'agit de l'équipement appelé BANJO II commercialisé par le constructeur SAMUEL JACKSON (Voir photo ci-dessous)



Caisson du « Banjo Electrique 2 » dans une salle de ventilateurs
Figure 15



Figure 16

- ✓ Relier chacun des moteurs (du BLOWER, référence 4 et des pompes du groupe hydraulique, référence 5 du tableau ci-dessus), à un variateur électronique de vitesse. Ces variateurs adapteront les vitesses de rotation des moteurs concernés aux variations de charges. Ceci permettra de réduire les consommations électriques. **Des économies d'énergies jusqu'à 70% sont possibles.**

DIMENSIONNEMENT DU MOTEUR ELECTRIQUE DE L'EGRENEUSE

Ce moteur a été dimensionné à 150 HP (110 KW) par le constructeur pour une prévision de charge de production de 5796 Kg à 6440 Kg de fibre par heure. A cette cadence de production, la qualité de la fibre, notamment la longueur de soie, est fortement altérée. Ainsi, depuis 2005, la cadence de production prescrite est passée de 4830 à 5152 Kg de fibre par heure au maximum. Cette charge revue à la baisse est bien supportée par un moteur de 90 KW. De plus, les moteurs de 110 KW actuellement utilisés, sont vétustes, ils ont été rebobinés au moins trois fois chacun et ont actuellement un rendement de l'ordre de 80% contre 92% idéalement.



Figure 17 (Moteur électrique de 110 KW monté sur l'égreneuse)

En prenant 0,63 comme facteur d'utilisation, les pertes d'énergie dues à l'usage de ces moteurs qui sont au nombre de deux, s'élèvent approximativement en termes de puissance à :

- $2 \times (110 - 90) \times 0,63 \approx 25$ KW due au surdimensionnement (90 KW au lieu de 110 KW)
- $2 \times 110 \times 0,12 \times 0,63 \approx 17$ KW due à la perte de rendement de 12%.
- Soit un total de 42 KW

Pour 2000 heures de fonctionnement (Durée moyenne d'une campagne d'égrenage de coton), la perte d'énergie est de $2000 \text{ h} \times 42 \text{ KW} = 84000 \text{ KWH}$. Ceci représente aussi le potentiel d'économie d'énergie sur les deux moteurs d'égreneuses.

Valorisé à 80 FCFA le KWH, ce potentiel d'économie correspond à : $80 \text{ FCFA} \times 84\,000 \text{ KWH} = 6\,720\,000 \text{ FCFA}$

SYSTEME DE PRODUCTION D'AIR HUMIDE ET CHAUD

- Consommation de pétrole et maîtrise des flux d'air chaud et humide

La tuyauterie conduisant l'air chaud et humide de l'humidificateur vers les trémies ' FEEDER ' n'est pas calorifugée. Ceci est probablement l'une des causes de l'augmentation de la consommation de pétrole pendant la période d'harmattan. En effet, la tuyauterie véhicule de l'air chaud chargé d'eau sous forme de vapeur. Pendant l'harmattan, l'air ambiant est relativement frais (16 à 22°C). Dans cette ambiance, la tuyauterie non calorifugée perd plus facilement sa température chaude et une partie de la vapeur qu'elle transporte se condense. Ce qui occasionne des pertes de flux de vapeur à l'arrivée. Puisqu'il faut atteindre à tout prix l'humidité idéale fixée par la consigne, le système de commande corrige à la hausse la flamme par l'augmentation du débit de pétrole, d'où une augmentation de la consommation de ce combustible.

Proposition de solution

- ✓ Cette tuyauterie doit être calorifugée, c'est-à-dire recouverte sur toute sa périphérie et sur toute sa longueur d'un matériau qui l'isole de son environnement extérieur, afin de maximiser le flux d'air humide à l'arrivée.



Figure 18

(Exemple d'application d'un film enveloppant rétractable "Cotton KOOZIE" au-dessus d'une nappe d'isolant en fibre de verre).

Photo extraite de la page 12 du ' Catalogue Equipements d'Humidification du constructeur Samuel Jackson, Référence 806-795-5218, Version Automne 2008

Le catalogue est disponible sur le site www.samjackson.com

Etant donné que la condensation peut se former même à l'intérieur de tuyaux calorifugés, il faut éviter d'isoler les brides lors de la réalisation du calorifugeage des tuyaux d'air humide. Les brides sont les endroits où les fuites apparaissent la plupart du temps. Si le calorifuge entoure les brides, cette eau ne pourra pas s'écouler et va détremper l'isolant.

(Voir Catalogue Equipements d'Humidification du constructeur Samuel Jackson, Référence 806-795-5218, Version Automne 2008)

Evaluation de la perte de flux de vapeur qui découle de l'absence du calorifuge.

Selon le constructeur, environ 10% de flux de vapeur se perd dans cette tuyauterie en absence du calorifuge. Ce qui correspond à une perte de flux de 800 000 à 1.500.000 BTU par heure. En termes de pétrole ou de gaz, la perte correspondante est résumée dans le tableau ci-après :

Tableau N°11

Désignation	Unité	HU-60 à pétrole	HU-60 à gaz
Flux de vapeur générée par heure	BTU par heure	800.000 à 1.500.000	
Consommation de pétrole	Litre par heure	23,5 à 43,5	
Consommation de gaz	m ³ par heure		22,7 à 42,5
Perte de 10% due à l'absence du calorifuge	BTU par heure	80.000 à 150.000	
Pétrole consommé inutilement	Litre par heure	2,35 à 4,35	
Gaz consommé inutilement	m ³ par heure		2,27 à 4,25
Pétrole consommé inutilement en 1000 heures	Litre	2350 à 4350	
Gaz consommé inutilement en 1000 heures	m ³		2270 à 4250

(Voir annexe, page 43, humidificateurs modèles HU-60 à pétrole et à gaz)

- ✓ Les régulateurs PID prévus par le constructeur doivent être fonctionnels. Ils permettent de réguler automatiquement, tenant compte de certains facteurs (Taux d'humidité de la matière première, température ambiante, hygrométrie ambiante), les débits d'eau, d'air, de pétrole ou de gaz devant permettre l'obtention du taux d'humidité recherché et programmé dans la consigne.

VOLET : ENERGIE PROPRE

Le gasoil et le pétrole lampant sont les principaux combustibles consommés par l'usine. Leur remplacement par des sources d'énergies plus propres sera bénéfique à l'usine et à l'environnement.

Substitution au gasoil

Un investissement est actuellement dans sa phase de réalisation et qui prévoit la connexion d'ici à octobre 2011, de l'usine au réseau hydroélectrique de la SBEE (Société Béninoise d'Énergie Electrique).

L'aboutissement de ce projet permettra à l'usine d'éviter une consommation d'énergie fossile gasoil de près de 408.500 litres (environ 400 m³) par an pour une prévision de production de 10750 tonnes de fibre.

Substitution au pétrole lampant

Ici, nous proposons le remplacement du brûleur à pétrole monté sur l'humidificateur par un brûleur à gaz disponible chez le fabricant de l'humidificateur.



Figure 19

Photo extraite de la page 4 du " Catalogue Produits d'Humidification Samuel Jackson " version Automne 2008

Le catalogue est disponible sur le site www.samjackson.com

Le gaz à brûler dans l'humidificateur modifié, sera issu d'ungazéificateur.

Il s'agit d'un gazéificateur à pyrolyse qui utilisera des tiges de coton et aussi du bois de feu comme combustible pour produire dans un premier temps du gaz. Une partie de ce gaz sera orientée vers le brûleur de l'humidificateur tandis que l'autre partie servira de combustible au groupe électrogène à gaz, générateur d'énergie électrique.

Etude technique et financière pour la réalisation d'une centrale de production de l'électricité et du gaz à partir des déchets (tiges de coton, bois de feu, coques de graine de coton) : Cas de l'usine d'égrenage de coton de CCB

ETUDE DES BESOINS

- Besoins en air chaud humide, période de l'année (moyens, maxi)

Tableau N°12

Circuits	Q _{max} air humide (CFM/m ³ /h)	Milliers de BTU/h	Pétrole (litre/h)	Gaz (m ³ /h)	Rendement eau évaporée (BTU/Kg)	Evaporation eau (litre/min)	Taux de purge typique (litre/min)
Circuit coton graine	4000 / 6800	800 - 1500	23,5 – 43,5	22,7 – 42,5	3746	4,2 - 7,6	1,9
Circuit fibre	4000 / 6800	900 - 2000	26,1 – 58,3	25,5 – 56,6	3370	7,6 - 11,4	2,3

Pression d'arrivée de gaz recommandée pour les humidificateurs à gaz : 10-15 psi / 0.7-1 bar

- **Diagnostic énergétique pour rationaliser l'utilisation de la vapeur humide.**

Voir page 20, " Production d'air humide et chaud – Maîtrise des flux d'air humide "

ETUDE D'INSTALLATION

- Etude technique d'après les caractéristiques des besoins (Puissance, pression du gaz à orienter vers les humidificateurs)

Tableau N°13	Pression requise	Débit du gaz	Qté de gaz pour 2000 h
Besoin humidificateur à gaz	10 à 15 psi<==> 0,7 à 1 bar	100 m ³ /h	100 m ³ /hx 2000 h = 200.000 m ³
Besoin du groupe électrogène à gaz	10 à 15 psi<==> 0,7 à 1 bar	100 m ³ /h	110 Kg de gaz x 2000 h = 220.000 Kg de gaz = 200.000 m ³ de gaz
Total		200 m ³ /h	400.000 m ³

La consommation horaire de gaz de synthèse est de 110 Kg environ. Or, 1 Kg de gaz de synthèse équivaut environ à 1,11 m³ de gaz de synthèse, d'où 110 Kg = 110/1,11 = 100 m³

Le gazéificateur à pyrolyse devra pouvoir produire entre 150 m³ mini et 200 m³ maximum de gaz par heure à une pression variant de 0,7 à 1 bar.

ETUDE DES RESSOURCES BIOMASSES

▪ Disponibilité de la ressource biomasse

La ressource est disponible. Selon l'étude menée par le Cabinet alternatives nouvelles (Page 86 du document joint " Projet : Développer le Bénin à partir des sources d'énergies renouvelables ", les disponibilités des ressources biomasses sont les suivantes :

Tableau N°14

Types de produits	Production moyenne (tonnes)	Déchets ou sous-produits	Ratio déchet / produit	Quantité de déchet disponible (tonnes)	Pouvoir calorifique (kcal/kg)
Coton	240 618	Tiges	2,7	649 669	4 100
		Coques	0,3	72 185	3 900
		Linter	1	240 618	3 500
Maïs	579 346	Tiges	3	1 738 038	2 500
		Raffles	1	579 346	3 500
Mil	44 478	Tige	2	88 956	2 500
		Epis	0,5	22 239	3 500
Sorgho	140 645	Tige	2	281 290	2 500
		Epis	0,5	70 323	3 500
Riz	68 209	Balle	1	68 209	3 000
		Paille	0,3	17 052	2 500

Données de 2009-2010

Comme ce tableau l'indique, les ressources disponibles chaque année en termes de biomasse sont suffisantes pour assurer l'approvisionnement durable de la centrale de production d'électricité d'une puissance de 1100 KWH. Toutefois, il faudra que les gérants du projet accordent une attention particulière à cette ressource pour garantir sa durabilité.

Au cours de l'année 2010/2011 qui a connu une production cotonnière de 135.000 tonnes au plan national dont 35.000 tonnes dans la commune de Kandi qui abrite l'usine de CCB Kandi, **le tonnage de déchets " tiges de coton " à Kandi est au moins égal à $2,5 \times 35.000 = 87.500$ tonnes. Or, la prévision d'énergie à produire pour la période d'activité qui dure environ quatre mois est de $140\text{KWH} \times 10.000 = 1.400.000$ KWH.**

Selon le constructeur de la centrale proposé dans ce projet, il faut 1,5 Kg de tiges de coton pour produire 1 KWH. **Ce qui signifie qu'il faut $1,5 \text{ Kg} \times 1.400.000 = 2.100.000 \text{ Kg} = 2.100$ tonnes de tiges de coton.**

Pour ce qui concerne les besoins en gaz pour les humidificateurs, ils varient de 50 à 70 m³ par heure (Voir tableau de la page précédente, point " ETUDE D'INSTALLATION "). Nous avons décidé de majorer à 100 m³ ce besoin qui s'ajoute à celui du cogénérateur pour porter le besoin

global maximal à 200 m³/heure. Ce qui revient à dire que le besoin de biomasse est de $2.100 \times 2 = 4.200$ tonnes (pour la période d'égrenage qui dure 2000 heures) et $[2.100 \times 5000] / 2000 = 5.250$ tonnes pour les 5000 heures restant dans l'année.

Récapitulatif des besoins en tonnes de biomasse

Tableau N°15

	Pour la période d'égrenage (2000 h)	Pour le reste du temps (5000h)	Total annuel (Prévision de 7000 h de fonctionnement)
Biomasse pour la production de l'électricité	2 100 tonnes	5 250 tonnes	7 350 tonnes
Besoin biomasse pour le réseau gaz / humidificateurs	2 100 tonnes		2 100 tonnes
TOTAL Besoin biomasse	4 200 tonnes	5 250 tonnes	9 450 tonnes

Ce besoin est largement en deçà de la production dans la commune de Kandi qui avoisine 87 500 tonnes de tiges de coton.

- **Etude pour avoir une idée précise du prix et de la pérennité des sources d'approvisionnements**

Selon un sondage effectué sur un échantillon de cotonculteurs à Kandi, l'achat à 10 FCFA le Kg de tiges de coton livrées à l'usine, suscitera un intérêt et un engouement. Par précaution, il vaudrait mieux, dès le départ, lier les cotonculteurs par une convention juridique, avec l'appui du pouvoir publique, de telle sorte qu'ils n'aient pas la latitude de faire de la spéculation dans le futur.

ETUDE LOGISTIQUE

- **Transport de la biomasse à l'usine**

Il sera assuré par le vendeur qui livrera sur le site de l'usine.

- **Stockage de la biomasse**

L'usine dispose de trois magasins de stockage de matières premières : Deux magasins de 15 sur 45 mètres et un de 15 sur 64 mètres (Soit une capacité d'environ 2000 tonnes de coton graine en vrac).

- **Enlèvement et élimination des cendres**

L'enlèvement et l'évacuation des cendres sera assuré par l'usine à l'aide d'un tracteur muni de remorque à benne. Ces cendres serviront d'engrais et seront déversées dans les champs de coton de l'usine, pour la campagne suivante. En effet, l'usine CCB emblave chaque année dix hectares de coton graine.

ETUDE DE LA TECHNOLOGIE A RETENIR

- En raison de la nature du process (Besoin simultané d'électricité et de gaz de combustion, et sans aucun besoin en vapeur surchauffée), la technologie retenue convient le mieux. La technologie de cogénération qui permet la production de chaleur qui est ensuite transformée en électricité par le biais d'une turbine n'est pas adaptée dans le cas de cette usine. En effet, il n'y a aucun besoin de chaleur ou de vapeur surchauffée dans le process.

Génération d'énergie par la pyrolyse

Schéma bloc du processus de gazéification retenu

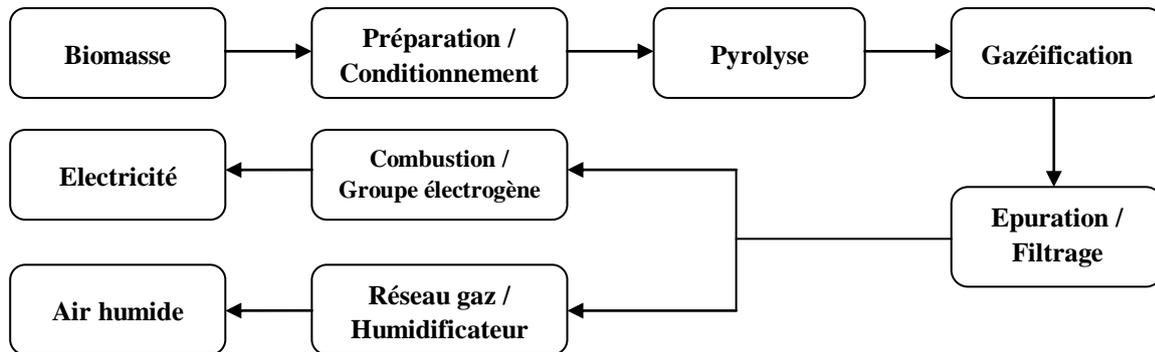


Figure 20

Schéma et description du procédé à lit fixe co-courant

La technologie retenue est la gazéification par pyrolyse de la biomasse (Tiges de coton). Il s'agit plus précisément de la gazéification de la biomasse sèche dans un réacteur à lit fixe co-courant. La figure ci-après illustre les mécanismes mis en jeu dans ce processus.

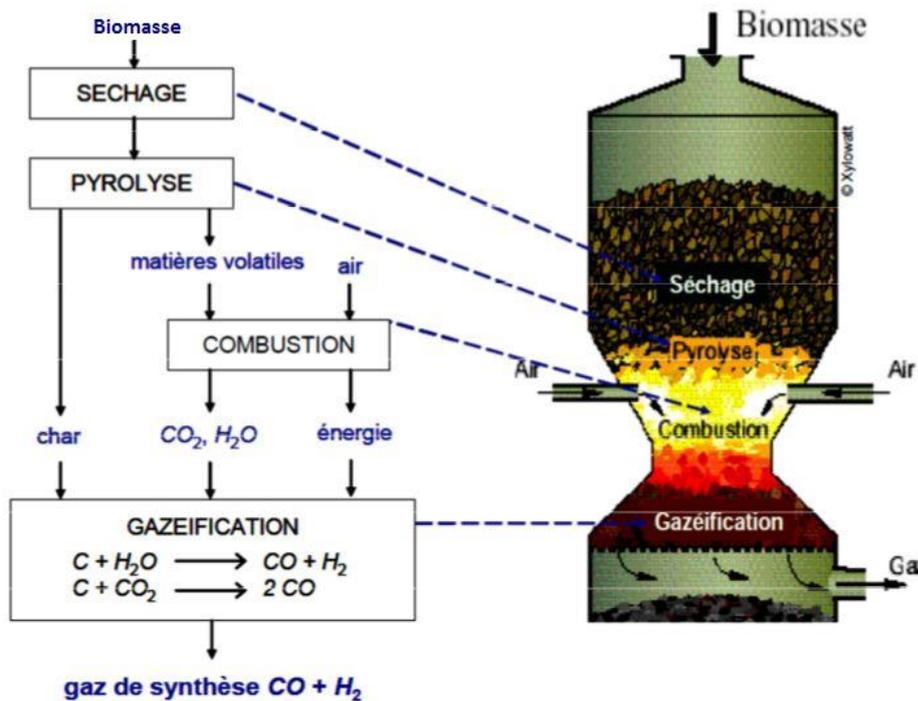


Figure 21

(Extrait du cours de Biomasse énergiede J. Blin, P. Tatsidjoudoug, Y. Richardson : page 50)

Dans ce procédé à lit fixe co-courant, la biomasse et l'agent oxydant (Air/Oxygène dans le cas présent) sont tous deux introduits par la partie supérieure du réacteur et se déplacent dans le même sens (Figure ci-dessus). Le gaz produit traverse la zone d'oxydation à haute température (Entre 1050 et 1100 °C), ce qui favorise le craquage thermique des goudrons dont les teneurs dans le gaz sont par conséquent beaucoup plus faibles que pour les procédés à contre-courant.

Schéma global de la technologie retenue

Dans un gazéificateur à pyrolyse, la biomasse sèche est transformée directement en gaz de synthèse grâce à une combustion incomplète. Le gaz nettoyé et comprimé sera brûlé dans un groupe électrogène à gaz ou à diesel. De cette manière l'électricité est produite.

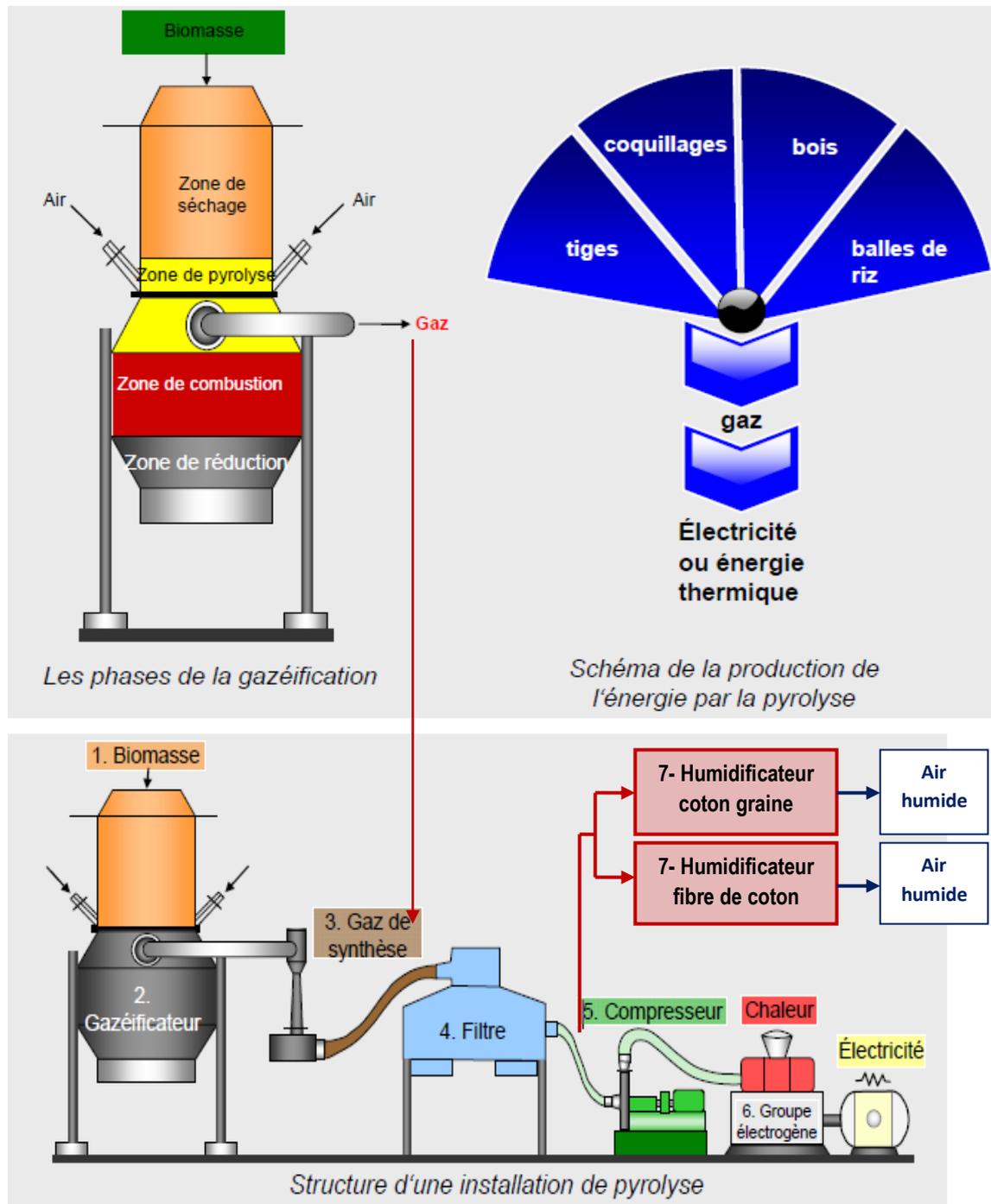


Figure 22

Extrait du document " Gagnez la sécurité énergétique - Energie à partir de la biomasse " de NOVIS.
Document disponible sur le site www.novis.com

Dans un gazéificateur à pyrolyse, la biomasse sèche est transformée directement en gaz de synthèse grâce à une combustion incomplète. Le gaz nettoyé et comprimé est brûlé dans un groupe électrogène à gaz ou à diesel. De cette manière l'électricité est produite. Après avoir haché la biomasse (Tiges de coton, bois, autres débris végétaux) dans une presse, elle sera automatiquement transportée dans le gazéificateur à pyrolyse (1). La combustion incomplète de la biomasse y est effectuée (2) et la cendre est éliminée automatiquement. Le gaz synthétique (3) produit, est guidé dans un filtre (4) pour le nettoyage, puis dans un compresseur (5). Le gaz comprimé substitue le carburant diesel et fait marcher le groupe électrogène (6) qui produit de l'électricité. Une autre partie du gaz filtré est orienté vers les humidificateurs (7) qui le brûlent pour produire de l'air humide destiné à humidifier le coton graine et la fibre de coton.

La composition du gaz de synthèse obtenu par le procédé proposé dans le présent projet est la suivante :

Tableau N°16

Désignation	Taux	Tolérance
Monoxyde de carbone (CO)	19 %	± 3%
Hydrogène (H ₂)	18 %	± 2%
Gaz carbonique (CO ₂)	10 %	± 3%
Méthane	> 3 %	
Azote (N ₂)	50 %	
TOTAL	100 %	

Tableau N°17

ETUDE FINANCIERE (4 mois d'activités/2000heures)			
Coût d'autoproduction d'énergie par le gasoil et le pétrole pour quatre (04) mois d'égrenage (Environ 2000 h)			
Désignation	Qté	P.U	Montant
Gasoil	400 000	450	180 000 000
Pétrole	280 000	450	126 000 000
Pièces détach. / Entretien			15 000 000
Total dépenses liées à l'énergie (En FCFA)			321 000 000
Capacité théorique d'égrenage (En tonne)			25 000
Energie produite et consommée (En KWh)			1 400 000
Coût du KWh produit et consommé (En FCFA)			139,29
Cas d'autoproduction à la biomasse juste pour les besoins de l'usine, sans aucune ambition de produire et de vendre un surplus			
Puissance à installer en KW			1 100
Coût d'achat centrale cogen (2500euros/kw)			2 750 000
Coût d'achat centrale cogen (En FCFA)			1 804 000 000
Adaptation d'un brûleur à gaz à chacun des deux humidificateurs			30 000 000
Total Investissement			1 834 000 000
Besoin en biomasse en tonne :1,5kg/kwh			4 200
Coût biomasse : 10 FCFA/Kg			42 000 000
Pièces détachées & Entretien : 2%/an			12 026 667
Personnel : 3 permanences de 2 pers pour 4mois			6 000 000
Intérêt bancaire 8% sur 15ans			146 720 000
Dotation amortissement 15%			122 266 667
Production énergie en KWh			1 400 000
Coût du kwh produit par la cogénération pour 2000 h d'activité			42,88
Total économie réalisée par an grâce au passage des combustibles fossiles à la biomasse			260 973 333
Actualisation à 10% des cashs flow annuels futurs sur 15 ans			1 922 508 979
VAN à 10% de l'investissement			88 508 979
Délai de récupération			7,59

Le tableau d'amortissement est disponible en annexe.

NB : Les quantités de 400.000 de gasoil et 280.000 de pétrole sont exprimées en litres

Tableau N°18

ETUDE FINANCIERE (7000 heures)			
Coût d'autoproduction d'énergie par le gasoil et le pétrole pour quatre (04) mois d'égrenage (Environ 2000 h)			
Désignation	Qté	P.U	Montant
Gasoil	400 000	450	180 000 000
Pétrole	280 000	450	126 000 000
Pièces détach. / Entretien			15 000 000
Total dépenses liées à l'énergie (En FCFA)			321 000 000
Capacité théorique d'égrenage (En tonne)			25 000
Energie produite et consommée (En KWh)			1 400 000
Coût du KWh produit et consommé (En FCFA)			139,29
Cas d'autoproduction sur toute l'année (Environ 7000 h de fonctionnement du cogénérateur) avec une vision de vente du surplus			
Puissance à installer en kw			1 100
Coût d'achat centrale cogen en FCFA (à raison de 2500€ le Kw)			1 804 000 000
Adaptation d'un brûleur à gaz à chacun des deux humidificateurs			30 000 000
Total Investissement			1 834 000 000
Besoin en biomasse en tonne :1,5kg/kwh			9 450
Coût biomasse : 10 FCFA/Kg			94 500 000
Pièces détachées & Entretien : 2%/an			36 080 000
Personnel : 3 permanences de 2 pers pour 4mois			18 000 000
Intérêt bancaire 8% sur 15ans			146 720 000
Dotation amortissement 15%			122 266 667
Production énergie en KWh pour toute l'année (7000 h)			4 900 000
Coût du kwh produit en cas de production sur toute l'année (7000h)			30,32
Consommation égrenage (2000 h)			1 400 000
Surplus d'électricité produite (5000 h)			3 500 000
Récettes annuelles des ventes du surplus d'énergie produite			280 000 000
Economie réalisée par an grâce au passage des combustibles fossiles à la biomasse			260 973 333
Total cash flow			540 973 333
Actualisation à 10% des cashs flow annuels futurs sur 15 ans			3 985 181 467
VAN à 10% de l'investissement			2 151 181 467
Délai de récupération			3,66

Le tableau d'amortissement est disponible en annexe.

NB : Les quantités de 400.000 de gasoil et 280.000 de pétrole sont exprimées en litres

CADRE INSTITUTIONNEL ET REGLEMENTAIRE

Les acteurs de la filière de production et de la distribution des produits énergétiques sont les suivants :

Acteurs de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique :

1. La Communauté Electrique du Bénin (CEB) en charge de l'importation, de la production et du transport de l'Energie électrique en vue de l'approvisionnement du Bénin et du Togo
2. La Société Béninoise d'Electricité et d'eau (SBEE) en charge de la distribution de l'énergie électrique au Bénin.

Du point de vue réglementaire, le sous-secteur de l'électricité est régi par deux (02) lois fondamentales à savoir :

1. Le Code Bénino-Togolais de l'Electricité, qui est un accord international entre le Bénin et Togo et existe depuis les années 70. Ce code a été révisé en 2003, afin de se conformer aux nouvelles réalités auxquelles est confronté le sous-secteur, en particulier en matière d'ouverture aux producteurs indépendants et de Statut d'acheteur unique de la CEB ;
2. La loi portant Code de l'électricité en République du Bénin, qui est adoptée le 27 mars 2007 et régit le sous-secteur uniquement au Bénin. Cette loi complète le code Bénino-Togolais de l'électricité en ce qui concerne les dispositions relatives à la production, à la distribution, aux installations électriques intérieures, à toutes activités des constructeurs, installateurs et autres professionnels de l'électricité ; Cette loi statue sur les modalités de participation des entreprises publiques et privées du secteur, sur la mise en place des règles de concurrence et les formalités auxquelles elles sont soumises.

Bref, cette loi libéralise la production et la distribution de l'énergie électrique au Bénin et autorise la signature des conventions de concession aux producteurs indépendants d'énergie électrique. L'autorité compétente pour signer les conventions avec les producteurs indépendants d'électricité est le Ministère de l'énergie qui a sous sa tutelle la Direction Générale de l'Energie (DGE) et l'Agence Béninoise d'Electrification Rurale et de Maîtrise d'Energie (ABERME).

Conclusions - Recommandations - Perspectives

Notre étude au niveau de l'usine d'égrenage de coton de la CCB a permis de mettre en exergue un potentiel d'économie d'énergie et de performance se résumant comme suit :

- ❖ Eclairage : 6.318.132 FCFA,
- ❖ Adaptation de la consommation à la charge par les VEV et le Banjo : 9.010.034 FCFA,
- ❖ Réduction de l'énergie réactive de 768 à 275 kvar, grâce à la compensation, qui implique :
 - Une amélioration du $\cos\phi$
 - Un gain d'opportunité, au bout de 2000 heures de fonctionnement, d'un montant de 11.520.000 FCFA correspondant aux pénalités qui devaient être payées pour mauvais $\cos\phi$.
[11.520.000 = (0,90-0,82) * 900 KW * 2000 h * 80 FCFA]
 - Une baisse de l'échauffement des câbles qui se traduit par une baisse de la facture énergétique
- ❖ Baisse du prix du KWh consommé, de 139 à 42 FCFA grâce à la substitution des fossiles,

En vue de concrétiser ce potentiel d'économie, nous recommandons à la Compagnie Cotonnière du Bénin les actions ci-après :

1. Le remplacement des lampes à incandescence et autres fluorescentes ou à sodium plus énergivores, par leurs équivalents économiques de marque.
2. L'enregistrement des paramètres électriques sur toute la période de production qui démarre en décembre 2011 ; Ceci permettra d'avoir une image fidèle de la courbe des charges, d'identifier avec plus de détails les sources de pertes énergétiques.
3. L'achat des batteries recommandées pour la compensation de l'énergie réactive
4. Le calorifugeage pendant l'harmattan de la tuyauterie d'air humide située entre les humidificateurs et les trémies des FEEDERS.
5. L'adaptation de variateurs de vitesse aux moteurs électriques montés dans des systèmes où la charge est variable dans le temps (Ventilateurs centrifuges, pompes de groupe hydraulique). L'idéal, est le remplacement à moyens termes de ces moteurs (Agés d'au moins 15 ans) par des moteurs neufs de classe EFF2 ou EFF1 munis de variateur électronique de vitesse VEV.
6. La mise en œuvre effective du projet de substitution des combustibles fossiles par la biomasse. Pour ce point, nous suggérons que les experts de NOVIS (Fabricant du cogénérateur que nous avons proposé) soient invités à faire une visite de site. Deux options s'offrent à la CCB. La première c'est de demander à NOVIS, le coût de la modification du groupe électrogène diesel de 1200 kVa existant, pour l'adapter au gaz produit. Cette option reviendra extrêmement moins chère. La deuxième option consiste à procéder à l'achat d'un groupe neuf conçu pour le gaz.

7. L'utilisation de la caméra infrarouge (Equipement disponible à l'usine CCB), pour mesurer pendant la période de production, les températures des équipements afin de détecter éventuellement les échauffements anormaux, causes de dysfonctionnements et sources de consommations inutiles d'énergie (A exploiter surtout sur les composants des armoires électriques, les moteurs électriques, les paliers de roulements, ...).

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages

1. **Cotton Ginners Handbook (Livre de poche de l'égreneur de coton)**
(Référence AH-503, December 1994)
2. **Catalogue Equipements d'Humidification du constructeur Samuel Jackson**
(Référence 806-795-5218, Version Automne 2008)
3. **Développer le Bénin à partir des sources d'énergies renouvelables** (Edité en 2010 par le Cabinet Alternatives nouvelles et le ministère de l'énergie du Bénin) sur financement du PNUD

Sites internet

www.coneagle.com

www.samjackson.com

www.ecoreva.com

ANNEXES

Tableau N°19

Comparaison des performances et du rendement des Humidaires Samuel Jackson **

Modèle	Type Carbur.	Débit max. CFM (m ³ /h)	Capacité max. brûleur Btu/h	Capacité typique brûleur Btu/h	Consommation max. carburant	Consommation typique carburant	Rendement Btu/kg eau évaporé	Evap. max.	Evap. typique	Taux de purge typique	Type alimentation standard
Breeze	Pétrole*	1 000 (1 700)	500 000	400 000	14.4 l/h 3.8 gal/h	11.7 l/h 3.1 gal/h	2840	3.4 l/min 0.9 gal/min	2.6 l/min 0.7 gal/min	0.4 l/min 0.1 gal/min	230/50 1 Phase
Zéphyr	Gazole*	2 500 (4 250)	1 Mil	680 000	28 l/h 7.4 gal/h	18.9 l/h 5 gal/h	2710	5.7 l/min 1.5 gal/min	3 l/min 0.8 gal/min	1.1 l/min 0.3 gal/min	220/50 1ph et 380/50 415/50
HU-60	Pétrole*	4 000 (6 800)	1.5 Mil	800 000	43.5 l/h 11.5 gal/h	23.5 l/h 6.2 gal/h	3087	7.6 l/min 2 gal/min	4.2 l/min 1.1 gal/min	1.9 l/min 0.5 gal/min	380/50 415/50
Sahara Lite	Pétrole*	4 000 (6 800)	2 Mil	900 000	58.3 l/h 15.4 gal/h	26.1 l/h 6.9 gal/h	2577	11.4 l/min 3 gal/min	7.6 l/min 2 gal/min	2.3 l/min 0.6 gal/min	380/50 415/50
Sahara	Pétrole*	5 000 (8 500)	2.5 Mil	1.5 Mil	72.7 l/h 19.2 gal/h	43.5 l/h 11.5 gal/h	2555	15.1 l/min 4 gal/min	11.4 l/min 3 gal/min	2.6 l/min 0.7 gal/min	380/50 415/50
Valuaire	Gaz Nat GPL*	2 500 (4 250)	1.5 Mil	800 000	42.5 m ³ /h 15 CCF/h	22.7 m ³ /h 8 CCF/h	3525	7.6 l/min 2 gal/min	3 l/min 0.8 gal/min	1.1 l/min 0.3 gal/min	120 1 ph et 480/60
HU-60	Gaz Nat GPL*	4 000 (6 800)	1.5 Mil	800 000	42.5 m ³ /h 15 CCF/h 67.4 l/h 17.8 gal/h	22.7 m ³ /h 8 CCF/h 36 l/h 9.5 gal/h	3746	7.6 l/min 2 gal/min	4.2 l/min 1.1 gal/min	1.9 l/min 0.5 gal/min	480/60 380/50 415/50
Southwest Lite	Gaz Nat GPL*	4 000 (6 800)	2 Mil	900 000	56.6 m ³ /h 20 CCF/h 89.7 l/h 23.7 gal/h	25.5 m ³ /h 9 CCF/h 40.5 l/h 10.7 gal/h	3370	11.4 l/min 3 gal/min	7.6 l/min 2 gal/min	2.3 l/min 0.6 gal/min	480/60 380/50 415/50
Southwest	Gaz Nat GPL*	5 000 (8 500)	2.5 Mil	1.5 Mil	70.8 m ³ /h 25 CCF/h 112.4 l/h 29.7 gal/h	42.5 m ³ /h 15 CCF/h 67.4 l/h 17.8 gal/h	3370	15.1 l/min 4 gal/min	11.4 l/min 3 gal/min	2.6 l/min 0.7 gal/min	480/60 380/50 415/50

*Les calculs pour ces valeurs ont été réalisés en utilisant un pouvoir calorifique de 22 260 Btu/l pour le propane et 34 350 Btu/l pour le pétrole.

**Les données concernent l'efficacité du générateur d'air humide seul. Pour l'efficacité totale du système d'humidification, l'efficacité de l'équipement d'application doit être prise en compte.



www.samjackson.com

http://www.samjackson.com/pdfs/energy%20efficiency_french.pdf

Tableau 20

Tableau d'amortissement sans actualisation (2000h) : Données en millions de francs CFA																
ANNEE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
INVEST	1 834															
RECETTES		261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261
DEPENSES			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Les investissements I et II sont amortissables linéairement, en 15 ans à partir de l'année 1. Le projet sera exonéré de</i>																
Tableau des échéanciers des cash-flows avant impôts et des cash-flows après impôts (Sans actualisation)																
Années	Coût Invest	Récettes	Dép. d'expl	Valeur résid.	Cash flows avant impôts	Amort A	Amort B	Total Amort	Rsltat avt imp.	ISB	Rsltat apr imp.	Cash flows après impôt	Cumul Récup			
0	1 834				-1 834					0						
1		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	261			
2		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	522			
3		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	783			
4		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	1 044			
5		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	1 305			
6		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	1 566			
7		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	1 827			
8		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	2 088			
9		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	2 349			
10		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	2 610			
11		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	2 871			
12		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	3 132			
13		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	3 393			
14		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	3 654			
15		261	0		261	120	2	122	139	0	139	261	3 654			

Tableau d'amortissement sans actualisation (7000h) : Données en millions de francs CFA

ANNEE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
INVEST	1 834															
RECETTES		541	541	541	541	541	541	541	541	541	541	541	541	541	541	541
DEPENSES			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les investissements I et II sont amortissables linéairement, en 15 ans à partir de l'année 1. Le projet sera exonéré de l'impôt sur le bénéfice pendant cinq ans.

Tableau des échéanciers des cash-flows avant impôts et des cash-flows après impôts (Sans actualisation)

Années	Coût Invest	Récettes	Dép. d'expl	Valeur résid.	Cash flows avant impôts	Amort A	Amort B	Total Amort	Rsltat avt imp.	ISB	Rsltat apr imp.	Cash flows après impôt	Cumul Récup
0	1 834				-1 834					0			
1		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	541
2		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	1 082
3		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	1 623
4		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	2 164
5		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	2 705
6		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	3 246
7		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	3 787
8		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	4 328
9		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	4 869
10		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	5 410
11		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	5 951
12		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	6 492
13		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	7 033
14		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	7 574
15		541	0		541	120	2	122	419	0	419	541	7 574

PROJET MDP

Noted'Idéede Projet(Simplifiée)

TITRE DU PROJET

Projet " Energie propre à base de biomasse au profit de l'usine d'égrenage de coton de CCB Kandi "

Localisation du projet

Ce projet est localisé sur le territoire béninois dans l'enceinte de l'usine d'égrenage de coton de CCB qui est implantée dans la ville de Kandi et dans le département de l'Alibori. La ville de Kandi est située dans la partie septentrionale du Bénin, à 650 km de Cotonou et à 400 km de Niamey.

La latitude et la longitude de Kandi sont respectivement de **11°07'43.00"N** et **2°56'13.00"E** ; Elev. 296 m(Données obtenues sur " **Google earth** ").

Promoteur(s) du projet

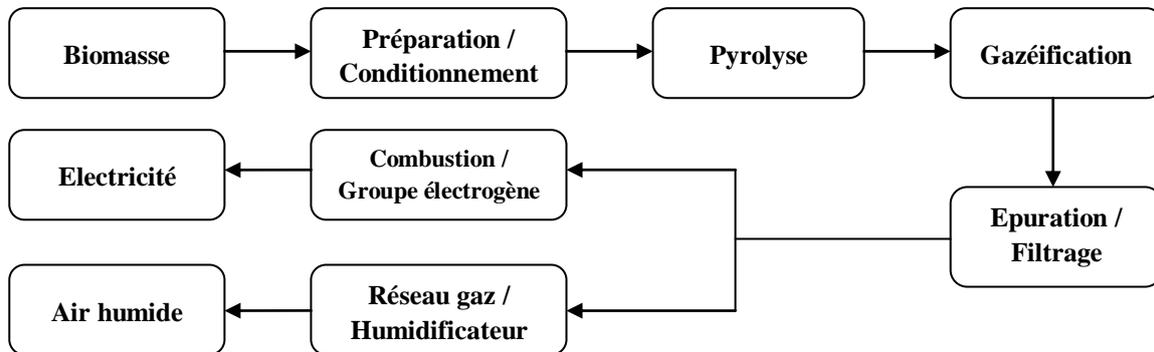
Compagnie Cotonnaire du Bénin CCB-sa, membre du groupement ICA-GIE (Industries Cotonières Associées - Gie).

Objectif du projet

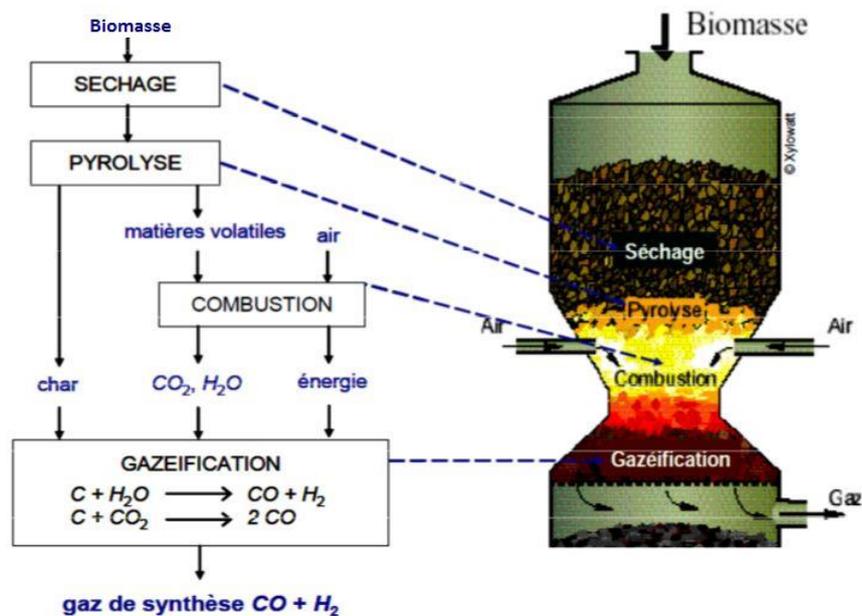
- Réduire au strict minimum l'usage des combustibles fossiles Gasoil et Pétrole lampant et leur substituer la biomasse " Tiges de coton " pour produire de l'électricité et de la vapeur humide qui sont des énergies utiles dans le processus d'égrenage de coton.
- Baisser les dépenses énergétiques, baisser les émissions de gaz à effet de serre et contribuer au développement durable.

Type de technologie utilisée

La technologie utilisée est la gazéification par pyrolyse de la biomasse (Tiges de coton).



Il s'agit plus précisément de la gazéification de la biomasse sèche dans un réacteur à lit fixe co-courant. La figure ci-après illustre les mécanismes mis en jeu dans ce processus.



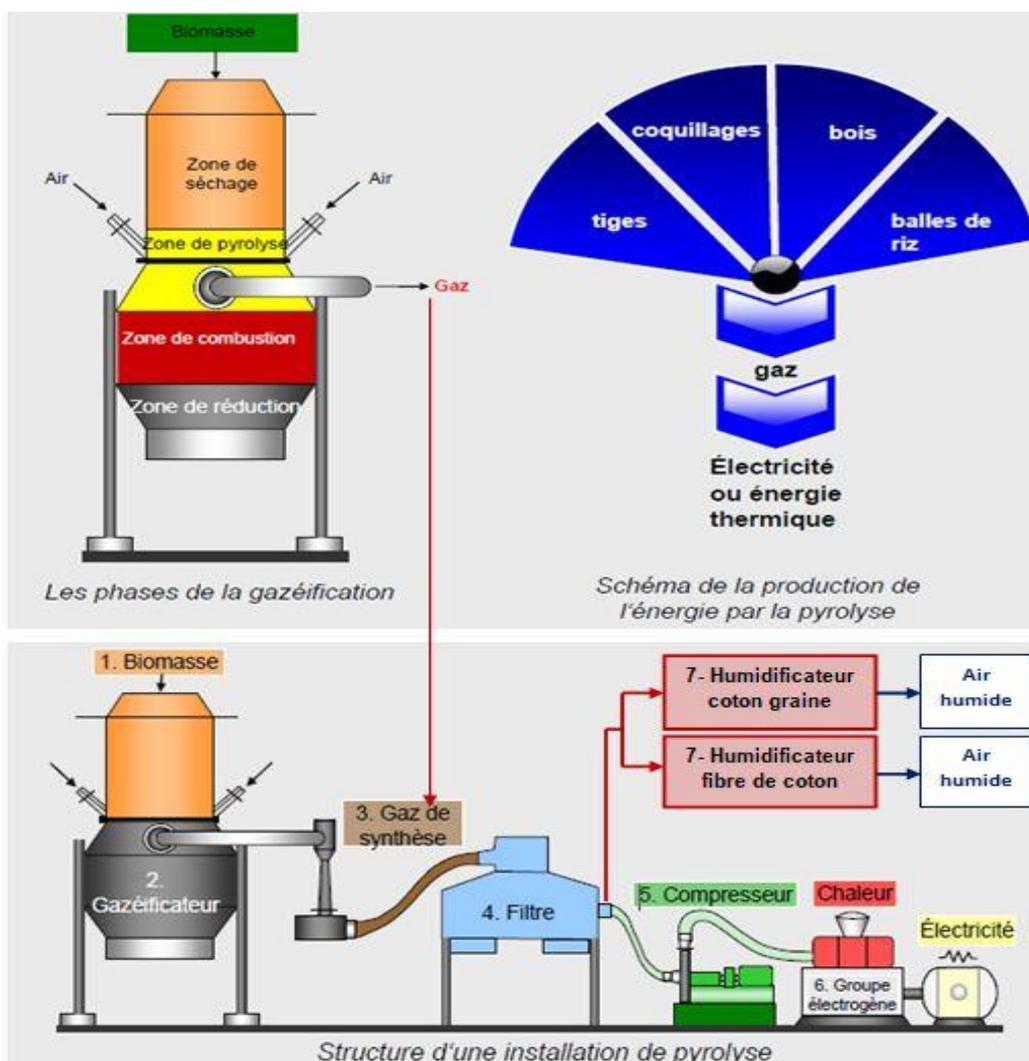
Dans ce procédé à lit fixe co-courant, la biomasse et l'agent oxydant (Air/Oxygène dans le cas présent) sont tous deux introduits par la partie supérieure du réacteur et se déplacent dans le même sens (Figure ci-dessus). Le gaz produit traverse la zone d'oxydation à haute température (Entre 1050 et 1100 °C), ce qui favorise le craquage thermique des goudrons dont les teneurs dans le gaz sont par conséquent beaucoup plus faibles que pour les procédés à contre-courant.

Taille du projet (capacité installée)

1100 KW

Description technique

Dans un gazéificateur à pyrolyse, la biomasse sèche est transformée directement en gaz de synthèse grâce à une combustion incomplète. Le gaz nettoyé et comprimé est brûlé dans un groupe électrogène à gaz ou à diesel. De cette manière l'électricité est produite. Après avoir haché la biomasse (Tiges de coton, bois, autres débris végétaux) dans une presse, elle sera automatiquement transportée dans le gazéificateur à pyrolyse (1). La combustion incomplète de la biomasse y est effectuée (2) et la cendre est éliminée automatiquement. Le gaz synthétique (3) produit, est guidé dans un filtre (4) pour le nettoyage, puis dans un compresseur (5). Le gaz comprimé substitue le carburant diesel et fait marcher le groupe électrogène (6) qui produit de l'électricité. Une autre partie du gaz filtré est orienté vers les humidificateurs (7) qui le brûlent pour produire de l'air humide destiné à humidifier le coton graine et la fibre de coton.



Méthodologie MDP utilisée

C'est l'exploitation, en lieu et place des combustibles fossiles, de la biomasse comme combustible pour produire de l'énergie propre (Electricité et vapeur humide). La réduction des émissions est effective. De plus, le CO₂ dégagé lors de la combustion de la biomasse équivaut à celui qu'elle a absorbé lors de sa croissance, par photosynthèse. Son bilan CO₂ est donc nul, contrairement aux combustibles fossiles (Gasoil et pétrole) jusque-là utilisés et qui sont fortement pollués.

Démonstration de l'additionalité

- Ce projet n'est pas la mise en œuvre d'une exigence réglementaire en vigueur au Bénin. Il n'y a aucune contrainte sur le promoteur dudit projet, de se mettre en conformité vis-à-vis d'une quelconque réglementation.
- La pratique courante, dans le secteur de l'égrenage de coton au Bénin en particulier et dans l'industrie béninoise en général, c'est l'usage des combustibles fossiles, lorsque l'énergie hydroélectrique n'est pas disponible. Par conséquent, la technologie de cogénération proposée dans le projet est une innovation.
- Au regard du coût de l'investissement (Voir Etude financière), la non prise en compte des revenus liés à la vente des crédits carbone rendrait le projet moins intéressant financièrement.

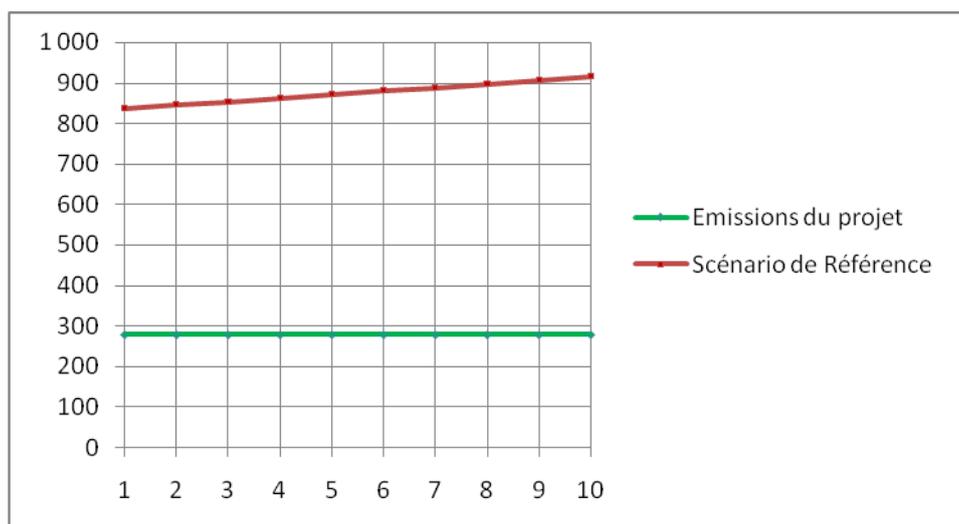


Figure 23

Description du scénario de référence

Le scénario de référence est codifié ACM0006 par l'UNFCCC. Il s'agit de la méthodologie de base consolidée pour la production d'électricité et de chaleur à partir des résidus de biomasse. Les détails sur cette méthodologie sont accessibles à travers les liens ci-après :

<http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/Z6CV87GU5J2RNTBKI9WO4SLD3HAMXQ>

http://cdm.unfccc.int/methodologies/documentation/meth_booklet.pdf#ACM0006

En l'absence de ce projet, la production de l'électricité et de la vapeur humide continuerait de se faire par un groupe électrogène diesel et les humidificateurs munis de brûleur à pétrole.

Quant à la biomasse (Résidus de tiges de coton), elle serait brûlée par les feux de brousse et n'apporterait aucune valeur ajoutée.

Durée de vie du projet (temps d'enregistrement du projet)

Dix (10) ans renouvelables une fois.

Date de démarrage du projet

2012

Emission du scénario de référence

Les émissions du scénario de référence sont environ de **3 tCO₂/Tep** de combustible fossile.

Estimation de la consommation annuelle de gasoil et de pétrole lampant

Gasoil	Pétrole	Total	Unité
400	280		m ³
460	346		Tonne
476	361	837	Tep

Coefficients de conversion utilisés

01 tonne de gasoil = 01 m³ de gasoil x **1,149**

01 tonne de pétrole = 01 m³ de pétrole x **1,235**

01 Tep de gasoil = 01 tonne de gasoil x **1,035**

01Tep de pétrole = 01 tonne de pétrole x **1,045**

La consommation annuelle de combustibles fossiles (Gasoil et pétrole lampant) étant de 837 tep, le tonnage annuel estimé d'émission de CO₂ est de **3 x 837 = 2511 tonnes de CO₂** pour l'année 2012.

Type de GES évité

C'est essentiellement le CO₂ émanant de la production par l'usine CCB Kandi, de l'électricité et de l'air humide à partir des combustibles fossiles, gazoil et pétrole lampant respectivement.

Emissions évitées par an

La mise en œuvre du projet permet d'éviter par an, 2511 tonnes de CO₂ dans l'atmosphère.

Emissions évitées sur la durée de l'enregistrement

Les émissions sur 10 ans (2012 à 2021) s'élèvent à 26272 tonnes (Voir page 12)

Contribution au développement durable

Les hydrocarbures pétroliers font partie des principaux polluants de l'eau et du sol (Gazoil, pétrole, huile moteur dans le cas du scénario de référence). Ce risque de pollution disparaît avec l'avènement du projet. Et ceci pour le bien être de la flore, de la faune et des êtres humains.

Quand on sait que les groupes électrogènes à gazoil polluent l'atmosphère avec des émissions de poussières, de gaz, tels que le dioxyde de carbone, les oxydes d'azote et de soufre et que ces polluants contribuent aux pluies acides et à l'effet de serre, on voit bien que le présent projet vient préserver la qualité de l'atmosphère et contribuer ainsi au développement durable.

Pour les moteurs à gaz, comme celui proposé dans ce projet, les émissions d'oxyde d'azote sont marginales car le combustible mis en jeu est un mélange gazeux maigre. La réduction des émissions de monoxyde de carbone est résolue par l'application d'un catalyseur d'oxydation.

Ce projet génère une source de revenus supplémentaires aux cotonculteurs, ce qui augmente leurs pouvoirs d'achats et améliore leurs conditions de vie. A termes, la CCB améliorera aussi sa rentabilité grâce à la baisse de sa facture énergétique. Cette amélioration de sa rentabilité aura à termes un impact sur le revenu des travailleurs qui verront leurs conditions sociales s'améliorer. Les dépenses de santé liées aux maladies causées par la pollution de l'eau, du sol et de l'air baisseront.

Au regard de tout ce qui précède, il est évident que le projet est bien additionnel, il n'a pas un impact environnemental négatif pouvant compromettre son caractère propre, ses émissions sont quantifiables et permanentes. De plus :

- ✓ Le pays hôte, le Bénin, a ratifié et accepté le protocole de Kyoto le 25 février 2002. Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_signataires_du_protocole_de_Ky%C5%8Dtoa
- ✓ Il a désigné une instance locale (Point focal) pour la CCNUCC,
- ✓ La volonté de soutenir les projets MDP a été exprimée par le Bénin,
- ✓ Le Bénin a mis en place un bureau du MDP (Autorité Nationale Désignée AND). Cette Autorité Nationale Désignée AND, c'est la Direction de l'Environnement du Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme MEHU et c'est Monsieur DJIBRIL Ibila qui répond au nom de cette autorité.

*Adresse : 01 BP 3126 COTONOU, (idjibril@yahoo.fr, idjibril@mehubenin.net)
République du Bénin, Téléphone : (229) 21 31 05 34, Fax : (229) 21 31 50 81
Voir fichier " RapportIPF_MDP2.pdf ", document intitulé " Le mécanisme pour un développement propre, Initiative Francophone de Partenariat dans le domaine du MDP "
Source : http://www.iepf.org/docs_prog05/pol_envir05/RapportIFPMDP2.pdf*

- ✓ Le projet s'inscrit dans le cadre de la politique de développement durable du Bénin,
- ✓ Le projet n'est pas financé par des fonds publics.

En conséquence, ce projet est éligible au **Mécanisme de Développement Propre MDP**.

Calcul des consommations de combustibles fossiles et émissions de CO2 sur 10 ans en l'absence du projet

Tableau N°22

		Valeur en m ³ des consommations de combustibles fossiles de 2012 à 2021										Total 10 ans	
		Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		2021
Scénario de Référence	Total GO + pétrole		680	687	694	701	708	715	722	729	736	744	7 114
	Gasoil		400	404	408	412	416	420	425	429	433	437	4 185
	Pétrole		280	283	286	288	291	294	297	300	303	306	2 929
		Valeur en tonne des consommations de combustibles fossiles de 2012 à 2021										Total 10 ans	
		Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		2021
Scénario de Référence	Total GO + pétrole		805	813	822	830	838	846	855	863	872	881	8 426
	Gasoil		460	464	469	474	478	483	488	493	498	503	4 808
	Pétrole		346	349	353	356	360	363	367	371	374	378	3 618
		Valeur en tep des consommations de combustibles fossiles de 2012 à 2021										Total 10 ans	
		Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		2021
Scénario de Référence	Total GO + pétrole		837	845	854	862	871	880	889	897	906	915	8 757
	Gasoil		476	480	485	490	495	500	505	510	515	520	4 977
	Pétrole		361	365	369	372	376	380	384	387	391	395	3 781
		Valeur en tCO₂ des émissions de CO2 de 2012 à 2021										Total 10 ans	
		Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		2021
Emissions du projet	Total GO + pétrole		628	628	628	628	628	628	628	628	628	628	6 278
Scénario de Référence	Total GO + pétrole		2 511	2 536	2 562	2 587	2 613	2 639	2 666	2 692	2 719	2 746	26 272
	Gasoil		1427	1 441	1 456	1 470	1 485	1 500	1 515	1 530	1 545	1 561	14 930
	Pétrole		1084	1 095	1 106	1 117	1 128	1 139	1 151	1 162	1 174	1 186	11 342
		Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Emissions du projet			628	628	628	628	628	628	628	628	628	628	
Scénario de Référence			2511	2536	2562	2587	2613	2639	2666	2692	2719	2746	

Tableau N°23

Coefficients de conversion utilisés			
01 tonne de gasoil = 01 m ³ de gasoil x <u>1,149</u>			
01 tonne de pétrole = 01 m ³ de pétrole x <u>1,235</u>			
01 Tep de gasoil = 01 tonne de gasoil x <u>1,035</u>			
01Tep de pétrole = 01 tonne de pétrole x <u>1,045</u>			
Année 2012			
Gasoil	Pétrole	Total	Unité
400	280		m ³
460	346		Tonne
476	361	837	Tep

Conseils par rapport au cycle de projet : Démarches futures à entreprendre :

- ❖ Rédaction d'une note d'idée de projet,
- ❖ Commission d'un expert pour la rédaction du DDP,
- ❖ Soumission du DDP à l'AND du Bénin et ensuite à une EOD pour validation,
- ❖ Enregistrement du projet par le conseil exécutif du MDP,
- ❖ Plan de suivi à mettre en œuvre et à suivre par le promoteur du projet.

Obstacles potentiels, difficultés spécifiques (Que le porteur de projet pourrait rencontrer)

Absence en Afrique d'une entité opérationnelle désignée EOD en Afrique qui pourrait renchérir le coût de la procédure MDP,

- ❖ Coût additionnel du projet dû à la procédure MDP
- ❖ Conception et mise en œuvre d'un plan de suivi
- ❖ Recherche d'acheteur potentiel de crédits carbone

Exemple de cogénération à la biomasse dans le village de Sékou, à 50 kilomètres de Cotonou au Bénin. C'est un cas palpable de la technologie que nous recommandons dans ce projet.



Photographies de la même technologie mise en œuvre à Pô au Burkina Faso.

