

S G I

SYNTHESES GROUP INTERNATIONAL

**PROJET BIOENERGY
ROSS BETHIO
Région Saint-Louis, Sénégal**

RAPPORT FINAL REPIC

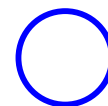
**Etudes de Développement /
Faisabilité du Projet**

**« transformation de résidus de biomasse
en énergie par gazéification »**

Lausanne, le 15 décembre 2007

Table des matières

A	Préambule/Introduction	page 3
B	Résumé	page 4
 Données de base		
C	Approvisionnement de l'usine en biomasse	page 5
D	Technologie de production d'énergie	page 12
E	Marché et vente de l'énergie	page 14
 Plan opérationnel		
F	Rôle du Gouvernement et aspects fiscaux	page 19
G	Structure, organisation et management	page 21
 Résultats et futurs développements		
H	Prévisions financières et impacts du projet	page 23
J	Futurs développement du projet	page 25
 Annexes		
1.	Enregistrement SGI Senegal Sàrl – Registre du Commerce	
2.	Accord terrain – Communauté Rurale Ross Bethio	
3.	Lettre d'intention d'achat d'électricité – Senelec	
4.	Préambule de l'accord d'achat d'électricité – Senelec	
5.	Lettre d'intention de concession Typha – Ministère de l'Environnement	
6.	Préambule du contrat de concession – Ministère de l'Environnement	
7.	Plan financier de base – Usine Bioenergy Ross Bethio	
8.	Programme de développement – Usine Bioenergy Ross Bethio	



A. Préambule

A1 L'Entreprise

L'Entreprise et/ou le Projet (Bioenergy Ross Bethio Senegal) a pour but de produire de l'énergie d'origine renouvelable, principalement électrique, à partir des résidus de biomasse. La biomasse produite localement de manière abondante et prévisible provient pour une grande part de la coupe et de la collecte du roseau *Typha australis* sur la base d'une concession accordée par le Gouvernement du Sénégal. L'électricité produite est injectée (en 30 - 225 kV) sur le réseau national et vendue en exclusivité à la Senelec sur un contrat de base de 15 ans, renouvelable.

A2 Stratégie de développement du Projet

Le Projet a été développé et sera mis en place afin d'optimiser au maximum les principaux facteurs (sociaux / économiques / environnementaux) influençant la chaîne de valeur du Projet du prélèvement de la biomasse à la production, puis à la distribution de l'énergie et des autres sous-produits issus du choix technologique.

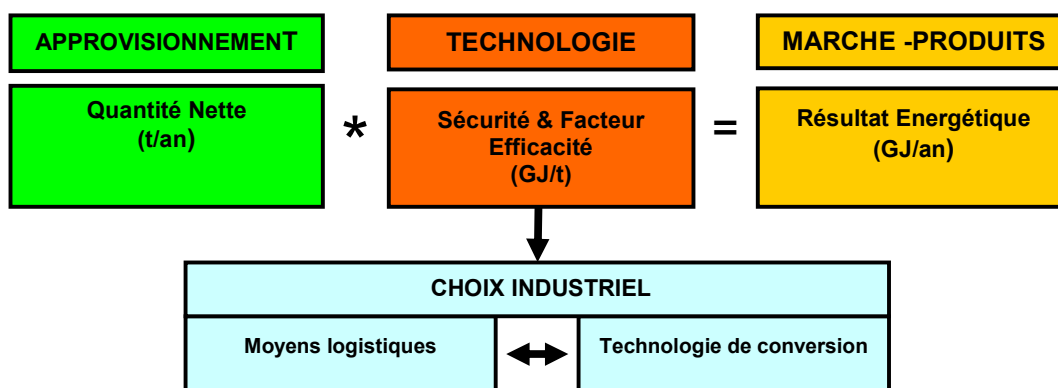


Figure 1 – Chaîne de valeur du Projet

Tous les éléments de base de la chaîne de valeur du Projet ont été analysés un par un, en faisant pour chacun l'objet d'une attention particulière. Les premiers éléments étudiés ont été les « inputs » et les « outputs » possibles pour le Projet en tenant compte de sa localisation approximative. Nous nous sommes ensuite concentré plus particulièrement sur le choix industriel optimum en terme de logistique et de conversion de l'énergie en vue d'atteindre avec le maximum d'efficacité le but du projet. Finalement nous avons étudié les mesures d'encadrement (structure et rôle/appui du gouvernement) et les impacts du projet dans la région.

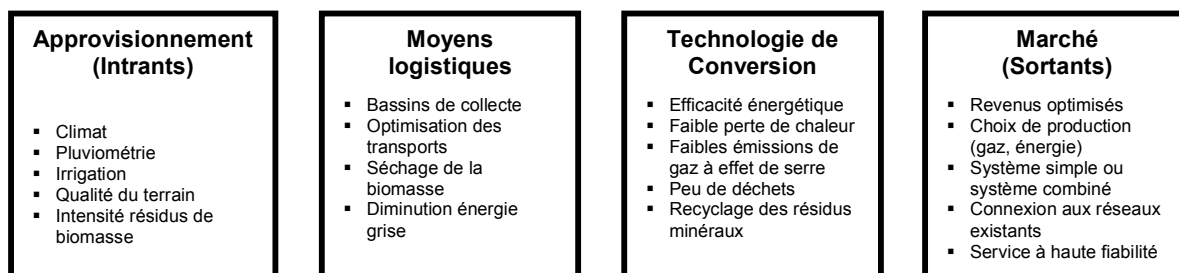
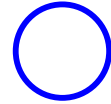


Figure 2 – Détail des éléments de la chaîne de valeur



B. Résumé

Approvisionnement de l'usine en biomasse

La centrale de production d'énergie ou l'« usine » sera approvisionnée pour 2/3 par un roseau, le *Typha australis* (typha), et pour 1/3 par de la balle de riz. Le typha est très abondant dans le bassin du fleuve Sénégal et représente une grande menace pour le développement de la région. Il y a plus de 3 millions de tonnes de typha (sur base sèche) dans l'entier de la vallée du Sénégal. Une grande partie de ce roseau est concentrée sur les rives du fleuve au nord du barrage de Diama sur une surface 10'000 hectares. On estime aujourd'hui à plus de 200'000 tonnes la quantité de typha exploitable dans la région de Ross Bethio. Le Ministère de l'Environnement s'est engagé par une lettre d'intention à négocier une concession pour la collecte du typha dans cette région. La quantité de balle de riz non exploitée régionalement est de 15'000 to. par an.

Le *Typha australis* sera collecté dans la zone de concession par des moyens mécanisés à l'aide de 2 bateaux faucardeurs amphibies. Cette biomasse sera transportée par barges depuis les points de coupe jusqu'à l'usine de production d'énergie, puis séchée par la chaleur émise par l'usine électrique. Le prix de revient du typha sur base sèche est de 20 EUR/tonne.

La balle de riz sera récoltée directement à la sortie des rizeries industrielles pour être ensuite transportée par camion en vrac à l'usine. Il est prévu de la financer à hauteur de 11 à 13 EUR/tonne. Sur ces bases le prix moyen de collecte de la biomasse sera de 18 EUR/tonne.

Technologie et production d'énergie

Il est planifié d'implanter à proximité du barrage de Diama une usine transformant la biomasse par gazéification directe en syngaz, qui actionne des moteurs à gaz puis des génératrices électriques. Le dimensionnement de l'unité de production électrique à 7.5 MW pour environ 45'000 tonnes de biomasse s'est fait en fonction des performances du gazéificateur et des moteurs à syngaz actionnant la génératrice. Ces équipements sont commercialement disponibles auprès de plusieurs fournisseurs.

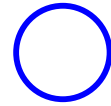
Marché et vente de l'énergie

Nous avons obtenu de la Senelec une lettre d'intention (25 juillet 2007) d'acheter la totalité de l'électricité et nous sommes en train de finaliser les accords, portant sur un contrat d'exclusivité de vente de l'électricité en gros pour une durée de 15 ans dans lequel Bioenergy Ross Bethio (Senegal) est producteur indépendant d'énergie. Les avantages d'un prix de revient compétitif par rapport aux combustibles fossiles, d'une localisation combinant plusieurs avantages stratégiques et de la durabilité environnementale offrent une forte attractivité à ce projet.

Les autres chapitres du document précisent les aspects de structure, d'organisation et de management du projet et de la société-projet ainsi que le rôle important du gouvernement dans la mise en place de l'usine. Un organisme particulièrement pratique dans la réalisation des projets est l'APIX (Agence nationale chargée de la Promotion de l'Investissement et des grands travaux), qui centralise les démarches administratives d'investissements étrangers.

Les résultats financiers sont basés sur la vente de l'électricité (98%) et des cendres/engrais (2%). Des rentrées supplémentaires pourraient être attendues de la vente de la chaleur. La rentabilité du projet correspond aux objectifs fixés initialement. Le retour sur l'investissement est de moins de 5,7 ans et le retour des fonds propres est de 3,6 ans (avec 1/3 de fonds propres et 2/3 de financement externe).

La construction de l'usine est planifiée pour le 3^{ème} trimestre 2008 ce qui nous permettra d'ici là de finaliser la phase de développement du projet. La société Bioenergy Ross Bethio (Senegal) va engager une centaine de personnes dans la région, dont 6 à 7 hautement qualifiées. Le projet permettra également de faire une économie annuelle de ca. 38'000 tonnes de CO₂.



C. Approvisionnement de l'usine en biomasse

L'approvisionnement en biomasse de l'usine est assuré par 2 types de biomasse : 1) du roseau *Typha australis* et 2) de la balle de riz, dont voici décrit ci-dessous plus en détail l'inventaire et la disponibilité.

C1 *Typha australis*



Figure 3 – Plantes de *Typha australis* / Planche d'herbier

Le *Typha*¹ est un roseau à croissance rapide se développant sur la plupart des continents dans les climats chauds sur des terrains à humidité persistante, mais présentant une salinité modérée (2% max. de salinité relative). La plante peut mesurer jusqu'à 3 mètres de hauteur et il est possible de la récolter en totalité par éradication de ses rhizomes. Des fragments de ces rhizomes restant enfouis permettent cependant une repousse retardée et à terme une réoccupation du site d'origine.

Au Sénégal, avec des températures annuelles supérieures à 22°C, la croissance du typha est continue sur toute l'année, avec un ralentissement lors des mois d'«hivernage» (saison des pluies, d'août à octobre). Lorsqu'on désire récolter un maximum de biomasse de manière durable, il est cependant préférable de ne couper que la partie émergée, à 20 cm au-dessus du niveau de l'eau, comprenant la massette de graines.

La menace du typha dans la région

Le typha a été présent de tous temps sur le fleuve Sénégal, mais la construction des barrages de Manantali et Diama dès 1998 a supprimé les marées salines qui remontaient le long du fleuve sur une centaine de kilomètres et qui limitaient la croissance de ces végétaux. L'usage local du typha a toujours été très limité. La récente prolifération du typha est inquiétante et représente une véritable menace pour la région. Les villageois se plaignent principalement:

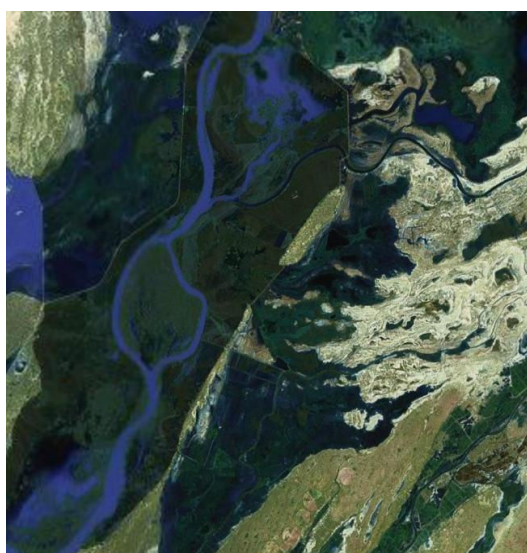
- de la difficulté de l'accès pour le bétail au fleuve, souvent obstrué par le typha
- de la mauvaise qualité de l'irrigation des cultures dans cette région
- de la diminution des zones de pêche qui se raréfient chaque jour pour les populations locales
- de la prolifération des oiseaux granivores qui causent des pertes économiques énormes
- de l'augmentation dans la région des maladies liées à l'eau (bilharziose, amibiases et paludisme)

Nous proposons par ce projet d'amener à la région une solution de développement durable qui intègre la prise en compte du contrôle de la croissance du typha. Nous allons exploiter par faucardage une partie significative de la biomasse émergée pour la production d'énergie, le reste pouvant être très localement éradiqué ou profondément fauché pour contrôler et limiter la repousse.

¹ *Typha australis* / Schumm. & Thonn. (Syn.: *typha domingensis* Pers.), Famille des Typhaceae, est une herbe rhizomateuse pérenne à tige touffues, érigées, non ramifiées, pouvant dépasser 5 mètres (sous les tropiques), avec une base épaissie émanant des rhizomes.

Carte d'envahissement du Typha

Le *Typha australis* est très abondant dans le bassin du fleuve Sénégal sur les berges du cours d'eau. Il y a plus de 3 millions de tonnes de typha (sur base sèche) dans l'entier de la vallée du Sénégal. Une grande partie du roseau est concentrée sur les rives du fleuve jusqu'aux digues de protection entre le barrage de Diama et la station de pompage Débi-Tiguët, la quantité de biomasse est de 120 à 150 tonnes de matière verte par hectare infecté. La situation est critique, la surface infectée par cette plante aquatique ne cesse d'augmenter.



Il y a aujourd'hui plus de 10'000 hectares recouverts par le typha. Les études effectuées (réf. entre autres GTZ ; SAED/Pro-Natura International, ...)² avec leurs mises à jour en fonction du taux de progression du typha ont permis d'estimer la quantité de biomasse sèche utile d'environ 200'000 tonnes par an dans la zone du projet³ qui peut-être exploitée localement dans le cadre de notre projet.

Cette biomasse n'est aujourd'hui pas utilisée, malgré quelques études et micro-projets qui en font référence (projet Pro-Natura International, projet GTZ, ...) et une campagne limitée d'éradication sur la rive mauritanienne.

Figure 4 - Orthophoto d'une partie de la zone du projet

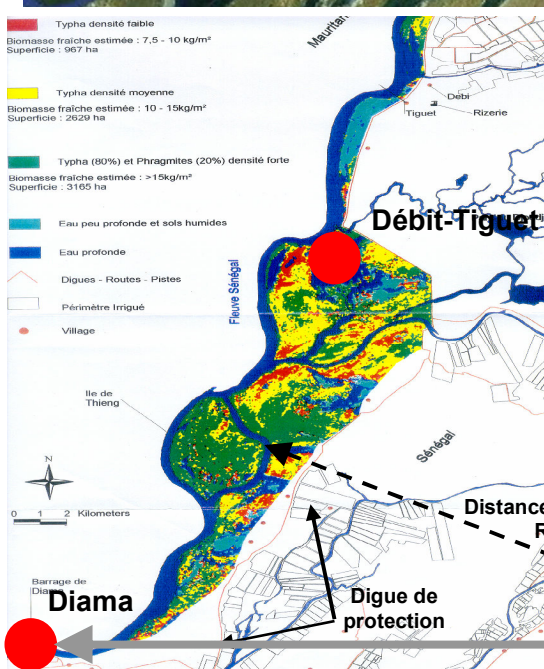
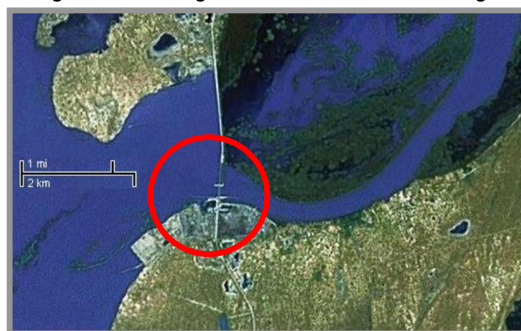


Figure 5 – Plan de l'envahissement du Typha Australis (Source : SAED/Pro-Natura International)

Figure 6 – Barrage de Diama et Fleuve Sénégal



² Principalement : 1) *Typha australis* : menace ou richesse, par GTZ, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit ; 2) *Typha australis* : inventaire de la biomasse sur la rive gauche du fleuve Sénégal, par Prof. François Malaisse et Ing. Joseph Matera, rapport de mission, août 1999, Laboratoire d'Ecologie de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux et Pro-natura International, Belgique ; 3) Valorisation du Typha comme combustible domestique en Afrique de l'Ouest et en Europe, par Reinhard K. Henning, Bagani Gbr, juillet 2002, Weissesberg, Allemagne.

³ La zone du projet correspond à la zone de concession pour la coupe et la collecte du typha accordée par le Ministère de l'Environnement à SGI et à la société-projet.

La carte de biomasse a été dressée suite à une série d'échantillonnage à différents stades de croissance du Typha, avec l'appui de l'imagerie satellitaire, de photographies aériennes et des observations de terrain. Elle quantifie les répartitions et les superficies de la biomasse totale disponible dans la zone considérée.

Le Ministère de l'Environnement du Sénégal désire trouver rapidement une solution à cette problématique récurrente et s'est engagé à nous accorder une concession pour la coupe et la collecte de ce Typha dans cette région (**cf. Annexe 6 – Préambule du contrat de concession**).

C2 Balle de riz / Paille de riz

Le riz est principalement cultivé au Sénégal dans des régions proches du fleuve Sénégal, qui peuvent être approvisionnées en eau par prélèvement dans le fleuve et irrigation. Une organisation paysanne, la SAED, fédère les producteurs et prodigue des conseils agronomiques.

Inventaire de la balle de riz au nord du Sénégal

Les épis de riz, renfermant le paddy (le grain et sa balle) sont récoltés manuellement et livrés aux moulins de décortilage de riz (rizeries) pour séparer le grain de la balle. Les sites d'obtention de la balle de riz sont donc limités aux rizeries.

L'inventaire des rizeries de la taille moyenne de 10'000 à 20'000 tonnes de paddy par an chacune nous a permis de déterminer que seuls 3 moulins étaient de cette taille dans la région rizière du Fleuve Sénégal (à Ross Bethio, Ronkh et Richard Toll) : les rejets de balle de riz de chacun de ces producteurs agro-industriels se montent à env. 4'000 tonnes annuellement (20% du poids du paddy). Le tableau qui suit présente les capacités de production du paddy et des résidus de balle de riz.

PRODUCTION DES USINES DE DÉCORTICAGE OU RIZERIES				
Type de rizerie	Nombre	Capacité unit.	Total capacité	Total balle riz
Rizeries industrielles	4	10'000	40'000	8'000
Mini-rizeries industrielles	3	7'000	21'000	4'200
Mini-rizeries modulaires	12	3'000	36'000	7'200
TOTAL	18		97'000	19'400

Figure 7 - capacité de production des rizeries

La localisation des différents types de rizeries dans la région du Fleuve Sénégal et leurs capacités ont été cartographiées (cf. Figure 8). Les moulins les plus éloignés sont à une quarantaine de kilomètres les uns des autres et aussi à une quarantaine de kilomètres du barrage de Diama. Les transports ne peuvent s'effectuer qu'en charrettes à traction animale ou en camion où il y a des routes, car l'ancienne ligne de chemin de fer n'est plus en service.

En associant à la reprise des rejets de biomasse d'une douzaine mini-rizeries modulaires (traitant env. 3'000 tonnes de paddy par an chacune) ceux de trois rizeries industrielles de plus grande capacité, nous avons planifié une quantité totale de balle de riz disponible d'environ 15'000 tonnes par an. Cette quantité est par conséquent plus faible que celle planifiée dans le projet initial. Une plus grande quantité de balle de riz pourrait être récoltée, mais elle demanderait des coûts d'approvisionnement plus élevés, vu l'éloignement important de certains de ces moulins (à ca. 120 km ou plus) de Diama.

Le recours à une collecte à partir d'autres petits centres de décortilage plus petits traitant chacun annuellement moins de 3'000 tonnes de paddy ou à partir de communautés décortiquant le riz de manière artisanale nous paraît économiquement peu rentable à ce stade de l'étude.

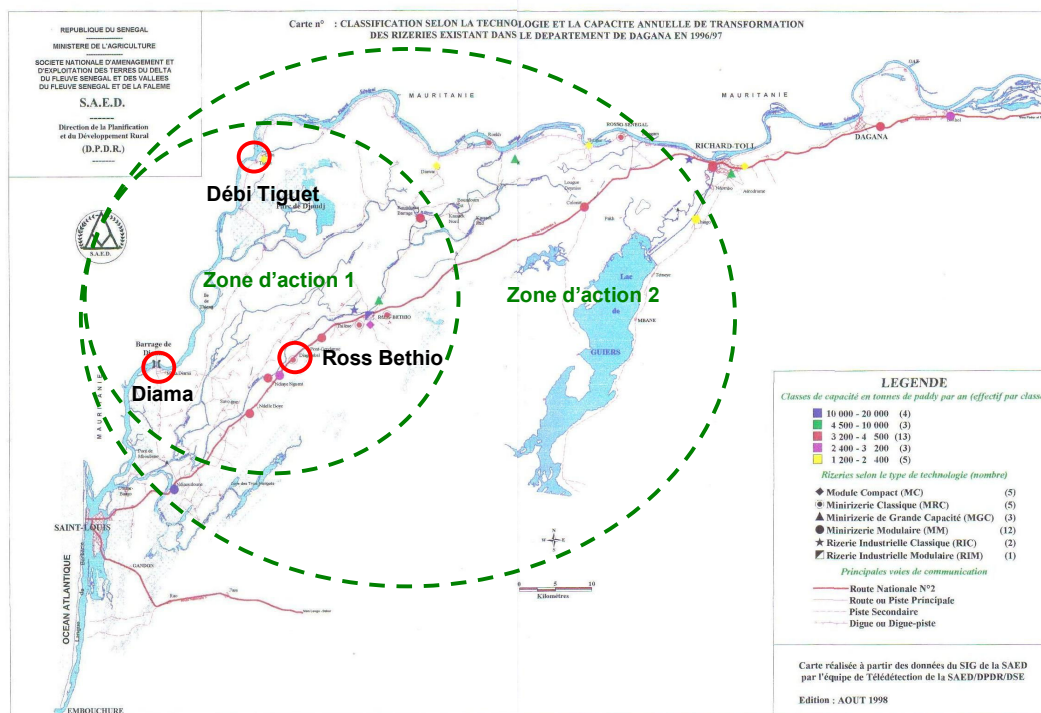


Figure 8 – Localisation des centres de décortilage de riz

Données sur la paille de riz



Figure 9 - Brûlage de la paille de riz

Il y a une quantité de paille de riz au moins équivalente au tonnage de la balle de riz. Nous avons donc également étudié l'option récolter la paille de riz, habituellement brûlée en tas sur les parcelles de culture du riz (Figure 9).

Cependant la collecte de la paille de riz est rendue beaucoup plus laborieuse que celle de la balle de riz, puisque ce produit reste sur place dans les champs, parfois jusqu'à la préparation du terrain pour la nouvelle saison de culture.

A cette fin, il serait donc nécessaire de mettre sur pied une opération de collecte, souvent dans des zones uniquement accessibles à pied, sans routes à proximité. Notre évaluation du coût de telles campagnes de collecte de paille de riz, même si cette biomasse était débarrassée sans frais, excéderait la cible de coût du projet, de 11 € par tonne. Une forte partie du coût serait liée à la complexité des structures d'organisation (avec des centaines, voir des milliers d'agriculteurs qui devraient être fédérés) pour les informer, les motiver à suivre une certaine discipline et leur demander de faire un stockage temporaire, ceci pour une rétribution modeste. De plus la paille de riz est très volumineuse (si elle n'est pas compressée) et demande des moyens de transport importants.

Par ailleurs, la composition chimique de la paille de riz a révélé qu'elle contient un taux élevé de sels de potassium en plus de la silice présente aussi dans la balle de riz. Il est bien connu que la potasse abaisse le point de fusion des cendres et provoque généralement leur vitrification, ce qui rend la gestion de fours de gazéification thermo-chimique très délicate à cause des risques de blocage mécanique par des masses vitreuses.

C3 Lieu d'implantation et logistique

Un site d'implantation optimal de l'usine de production d'énergie a été déterminé à proximité du barrage de Diama. Cet endroit combine les avantages de :

- la proximité des majeures ressources de biomasse,
- la disponibilité d'eau douce pour le refroidissement des machines,
- les possibilités d'être connecté à de bonnes routes existantes et une voie de transport fluvial,
- le faible éloignement d'un point d'interconnexion avec le réseau national à haute tension (station transformatrice de Sakal, sur la ligne internationale de Manantali),
- une région comportant une faible densité de population,
- quelques industries internationales déjà implantées dans la région.

Le dimensionnement de l'unité de production d'énergie a été établi initialement pour 45'000 tonnes de biomasse, réparties de la manière suivante :

Typha australis	30'000 tonnes (sec)
Balle de riz	15'000 tonnes (sec)
Total biomasse	45'000 tonnes (sec)

Le coût d'obtention de la biomasse a été évalué à 18 EUR/tonne (20 EUR/tonne pour le Typha et 11 à 13 EUR/tonne pour la balle de riz).

Collecte et transport de la balle de riz



Figure 10 – Camion benne 18 tonnes

Le transfert de la balle de riz se fait à partir des rizeries après la fin du décorticage du riz, soit dès mars - avril. La balle de riz sera récoltée directement à côté des rizeries industrielles pour être ensuite transportée en vrac en camion-benne ou camion-citerne à l'usine de production d'énergie.

Il est prévu de payer une redevance de 3 à 5 EUR/tonne aux rizeries industrielles pour prélever la balle de riz à leur porte. Il est prévu à cet effet que la société-projet va acheter 2 camions benne de 18 tonnes chacun (2 x ca. 100'000 EUR = 200'000 EUR). Les camions seront équipés de moteurs à gaz naturel comprimé, et si possible du biogaz.

Un prix de 11 à 13 EUR/tonne est prévu pour la balle de riz livrée directement par la rizerie à Diama sur le site de la centrale de production d'énergie

Des premiers contacts ont été entrepris avec les principales rizeries de la région de Ross Bethio qui ont marqué un fort intérêt pour livrer la balle de riz inexploitée. Les lettres d'intérêt et/ou des contrats de livraison de biomasse doivent être signés avec les principales rizeries de la région dans la phase définitive de montage du projet.

Collecte et transport du *Typha australis*

Afin de garantir l'entière disponibilité du *Typha* dans le cadre de notre projet nous avons obtenu du Ministère de l'Environnement en date du 31 mai 2007 une lettre d'intention de délivrer à notre société Bioenergy Ross Béthio une concession pour l'exploitation du *Typha* dans la région du Fleuve (cf. **Annexe 5 – lettre d'intention de concession pour le *Typha***), ainsi que des missives d'appui et d'information du projet du Ministre de l'Environnement au Premier Ministre et au Ministre de l'Energie. Sur cette base nous sommes aujourd'hui en train de finaliser avec le Ministre de l'Environnement un accord de concession pour la coupe et la collecte du *Typha*.

La coupe et le ramassage du *Typha* seront réalisés le long du fleuve Sénégal, jusqu'à la digue de protection, entre le Barrage de Diama et la station de pompage de Débi-Tiguët. Il est envisagé de faire la collecte du *Typha* par des moyens mécanisés à l'aide de 2 bateaux faucardeurs amphibies (2 x 250'000 EUR = 500'000 EUR) suivis par des barges, qui seront achetés par la société-projet créée à cet effet. Il est prévu que les moteurs des bateaux faucardeurs et des barges soient spécifiés pour être alimentés au gaz naturel comprimé.



Figure 11 – Faucardeuse et détail de tête levage

Les roseaux coupés seront transportés par barges jusqu'à l'usine de production électrique à Diama, où ils seront initialement mis à sécher au soleil. Une fois partiellement allégés, ils seront séchés en utilisant la chaleur excédentaire dégagée par les moteurs, ceci encore plus en saison des pluies (d'août à octobre), puis broyés et compactés. La récolte et l'approvisionnement de l'usine en *Typha* offrent d'importantes perspectives de développement social et de revenus économiques pour la population locale. La récolte du *typha* peut s'effectuer manuellement avec une faucille (300 à 400 hommes/an, env. 100 tonnes/homme-an) ou mécaniquement avec des bateaux amphibies ou des bateaux faucardeurs (2 bateaux, env. 20'000 tonnes/bateau/an).

Selon les études réalisées on considère que le pourcentage de la biomasse sèche en fonction de la biomasse totale est de 54% (MS 54%) en moyenne pour la partie émergée de la plante. Cette valeur varie sensiblement en fonction de la profondeur de l'eau. Il faut considérer 7 à 10 jours pour sécher la biomasse au soleil et atteindre un taux de matière sèche MS de 80%⁴.

La coupe par bateaux faucardeurs revient à 9 EUR/tonne de biomasse sèche selon la productivité estimée. Il reste à optimiser le prix de la logistique pour le transport par barges, qui devrait rester dans la cible d'un coût de la biomasse de 20 EUR/tonne. En comparaison, le coût de la redevance pour la coupe à la main (à la faucille), la collecte, le transport et le séchage du *typha* est aujourd'hui estimé à 11 EUR/tonne (7'000 FCFA/tonne). Ce prix a été adapté selon les estimations effectuées à l'époque par Pro-Natura International et les professionnels locaux dans le cadre des phases tests de la mise en place d'un projet de «charbon vert» à partir du *typha*.

⁴ La principale limitation dans le transport du *Typha* par barges est son volume et les manipulations nécessaires à la récolte. Si le *typha* peut être pêché depuis les barges après la coupe (après avoir été par exemple rejeté à distance sur le plan d'eau par la faucardeuse, ou capté sur une bande transporteuse suivant la faucardeuse) et amené de suite à l'usine, les manipulations seront réduites. De la terre ferme sèche ne se trouve que derrière la digue, ce qui oblige à une longue distance de transport. L'eau de la plante verte sera utile pour éliminer la chaleur excédentaire de l'usine.

Implantation des activités industrielles

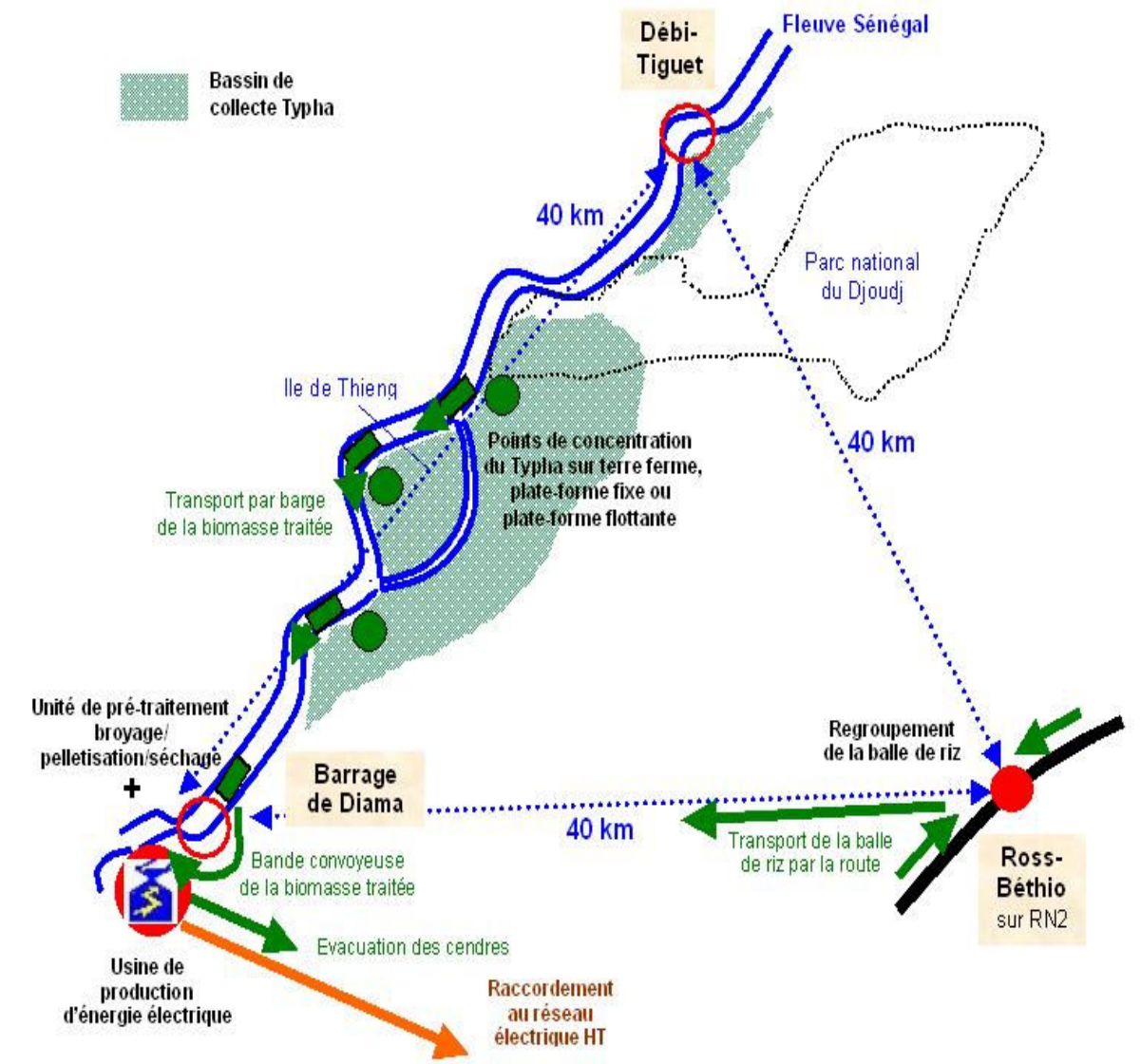
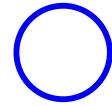


Figure 12 – Schéma de principe de l'implantation des activités industrielles

Flèches vertes : 1) Par transport par voie fluviale, les tiges de Typha sont accumulées à proximité de la centrale électrique située près du barrage de Diama ; 2) Par transport sur les routes existantes, la balle de riz est regroupée à Roth Béthio, puis accumulée à proximité de la centrale électrique.

Flèche orange : Le courant électrique produit est amené par une ligne à moyenne tension jusqu'à un transformateur de jonction sur la ligne à haute tension Manantali-Dakar, proche de Louga, qui a été tout récemment interconnectée à la ligne Louga-Kaolack.



D. Technologie et production d'énergie

D1 Conversion en énergie

Cogénération par gazéification de la biomasse

Les principes de fonctionnement de la gazéification directe pour la conversion de biomasse en énergie électrique ont été exposés dans le « Cahier Technologique REPIC » qui a été déjà fourni. Ces informations ne seront donc par répétées ici.

L'unité de cogénération par gazéification directe prévue comprendra :

- Un stockage de biomasse humide
- Une série de bandes transporteuses, comprenant le passage à travers un four de séchage de la biomasse à température modérée par circulation d'air chaud permettant l'élimination de la majeure partie de l'humidité renfermée dans la biomasse. La chaleur est fournie par le circuit de refroidissement des moteurs entraînant la génératrice.
- Un broyeur, pour réduire la taille de la biomasse et l'homogénéiser
- Un stockage tampon de biomasse sèche
- Un gazogène à tirage inverse à pression atmosphérique

La gazéification la plus adaptée aux caractéristiques de la biomasse du projet est effectuée à l'aide d'un gazogène, de type lit semi-fixe à contre-courant. Un agitateur à vitesse variable maintient un lit de combustibles de hauteur constante, en assurant le convoyage des cendres vers le point bas. Le gaz de synthèse est évacué à environ 800°C par la partie supérieure du réacteur.

- Un récupérateur de chaleur, qui refroidit le gaz à environ 350°C, à l'aide d'un fluide thermique



- Un système de traitement et nettoyage du gaz, utilisant un lavage à l'huile pour l'élimination des goudrons produits dans le réacteur de gazéification
- Une centrale de cogénération utilisant des moteurs adaptés spécifiquement au gaz et des génératrices pour la production de l'électricité, de vapeur et d'eau chaude
- Des équipements de traitement de tous les effluents, entre autres des aéro-refroidisseurs pour l'eau de refroidissement des moteurs.

Une telle unité de cogénération a été réalisée par exemple en France, près de Limoges (photo ci-contre).

Le gazificateur se trouve au-dessus du conteneur orange et la génératrice dans le conteneur au premier plan ; le système de lavage de gaz est entre ces deux composants.

Figure 13 – Unité de cogénération par gazéification directe de biomasse

D2 Energie et produits résiduels

Produits de la cogénération

La balle de riz a un pouvoir calorifique élevé (ca. 15'000 kJ/kg), correspondant environ à la moitié de celle du bois. La composition atomique de la balle de riz est typiquement de C 42.01 %, H 5.67 %, O 36.13 %, N 0.05 %, Si 15.12%.

Le Typha a un pouvoir calorifique de ca. 17'000 kJ/kg, un peu plus élevé que celui de la balle de riz, avec un taux de cendres plus faible que celle-ci, à 7.9 %.

Comme la plante de typha se présente sous forme de couches lamellaires, il peut être broyé en particules de petite taille compatibles avec les systèmes de transport et de gazéification déjà largement établis pour la balle de riz. L'utilisation d'un combustible présentant des propriétés mécaniques et énergétiques proches de celles de la balle de riz, l'unité de gazéification projetée convient aussi pour un nouveau combustible mixte ou l'utilisation séquentielle par campagnes des deux types de biomasse. Un tel fonctionnement séquentiel présenterait l'avantage de pouvoir séparer les cendres siliceuses pures, pour pouvoir les commercialiser de manière optimale.

Les goudrons venant de réactions incomplètes de gazéification, qui sont retenus par le lavage des gaz, peuvent être condensés et brûlés, permettant de fournir une partie de l'énergie nécessaire au gazéificateur.

Les 45'000 tonnes de biomasse prévues permettront de produire environ 57,5 GWhe d'électricité par an pour une puissance nominale de 7,5 MWe et 84 GWhth de vapeur par an pour une puissance nominale de 10,5 MWth.

Une partie de la chaleur produite par la turbine de la génératrice sera utilisé pour sécher la biomasse avant sa combustion. Une autre partie pourra être utilisée pour produire de la chaleur de séchage de produits agro-industriels, de l'eau déminéralisée, de l'eau de boisson purifiée à partir de l'eau légèrement saumâtre du fleuve et/ou du froid pour des dépôts frigorifiques. L'excédent de chaleur sera éliminé par des aéro-refroidisseurs.

Localisation des équipements de cogénération

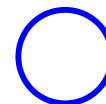
Il est planifié d'implanter l'usine de production d'énergie à proximité du barrage de Diama (**cf. Fig. 6 – Barrage de Diama et Fleuve Sénégal**), où l'eau évaporable par les aéro-refroidisseurs et l'eau servant à fabriquer les produits secondaires susmentionnés est disponible.

Le courant électrique produit pourra être injecté sur le réseau à moyenne tension en utilisant la ligne électrique déjà établie pour le service des installations hydroélectriques du barrage (ou sur une ligne renforcée selon la capacité de la ligne existante de 30 kV, ce choix étant de la responsabilité de la compagnie nationale d'électricité). Le courant utilisé à plus longue distance peut être ensuite transformé à plus haute tension et injecté sur la ligne principale à 225 kV.

Valorisation des cendres

Les cendres issues du procédé de gazéification de la balle de riz à raison de 15% de silice (ou des silicates) peuvent être écoulées sur le marché mondial de cette matière première : 15'000 tonnes de balle de riz gazéifiées permettent de produire environ 2'200 tonnes de silice.

Le Typha a une teneur plus faible en matières minérales formant des cendres qui représente environ 7.9 % du poids sec total : 30'000 tonnes de Typha gazéifiées permettent de produire environ 2'500 tonnes de matières minérales. Un marché devrait aussi exister pour ces produits, par exemple comme fertilisants agricoles.



E. Marché et vente de l'énergie

E1 Le Secteur de l'électricité au Sénégal

La consommation d'énergie par habitant au Sénégal est de 0,25 tep, dont la majeure partie est fournie par du charbon de bois et environ 200 kWh par de l'électricité (2005). 46% de l'énergie sont consommés par les ménages.

Aujourd'hui, seuls 33% des 10 millions d'habitants du Sénégal ont accès à l'électricité, avec un taux de couverture inégal, de 57% en milieu urbain et de 10% en milieu rural.

La croissance urbaine approche les 4% annuels, ce qui en fait une des plus fortes du monde et exige de lourds efforts pour adapter l'infrastructure de fourniture énergétique.

Au Sénégal, le réseau de distribution électrique à longue distance est essentiellement constitué par la ligne 225 kV Manantali-Dakar (voir Figure 13). L'emplacement du site d'exploitation de « Bioenergy Ross Bethio » a été sélectionné proche de Diama (province de Ross Bethio) parce qu'il est à la fois à côté du fleuve (principal vecteur de transport de la biomasse) et à proximité des lignes électriques de moyenne tension à 30 kV (pour la région de Saint-Louis et Louga) et haute tension 225 kV.

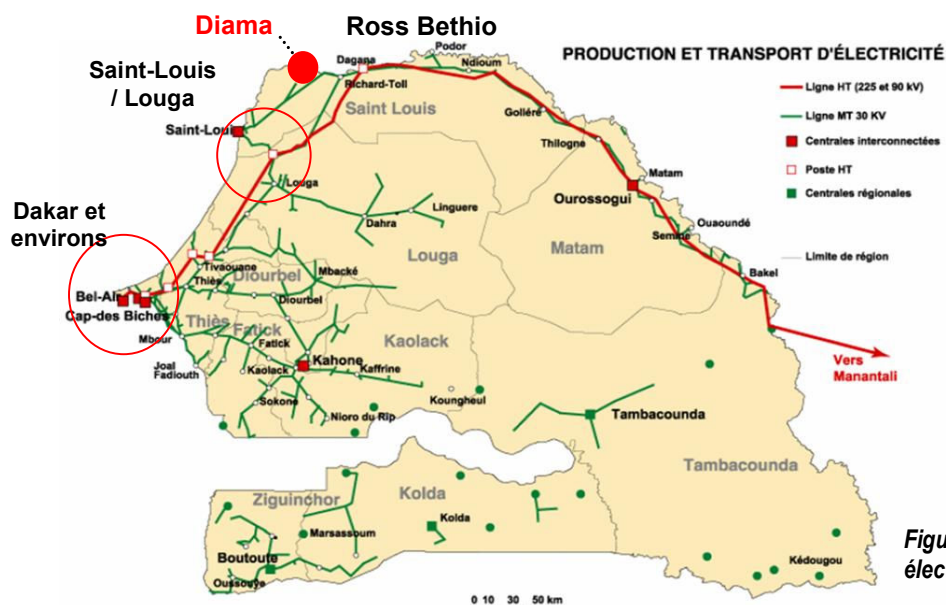


Figure 13 – Carte du réseau électrique du Sénégal

Le secteur de l'électricité est confronté à deux défis majeurs :

- mobiliser des investissements très importants pour assurer le développement, le renouvellement et la maintenance des installations ;
- améliorer la qualité du service de l'électricité dans un contexte de forte croissance de la demande.

Dans ce but les pouvoirs publics ont mis en place un cadre législatif et réglementaire qui a introduit des innovations majeures concernant la structure de l'industrie, le cadre institutionnel et les modalités de régulation des activités du secteur.

E2 Le Parc de production du réseau interconnecté (2005)

La production d'électricité du pays est aujourd'hui principalement d'origine thermique, à l'exception de la production hydro-électrique du barrage de Manantali (quota pour le Sénégal 1/3 ou 60 MW). La consommation de produits pétroliers dans le pays pour la production d'énergie électrique en 2003 était d'environ 600'000 tonnes par an. La capacité de production du pays est passée de 260 MW (1085 GWh) en 1995 à 514 MW (1826 GWh) en 2003. Le montant des ventes d'électricité s'est élevé en à 1445 GWh pour 503'000 abonnés en 2003.

La capacité nominale du parc de production de production de 514 MW était composée de 466 MW relié au réseau interconnecté et 48 MW pour les centrales régionales de Ziguinchor, Kolda et Tambacounda, ainsi que les centrales de production isolées gérées par la Senelec. Cette capacité de production est restée la même de 2003 à 2005.

Ne sont pas pris en compte dans ces chiffres mentionnés plus haut les autos-producteurs Suneor et CSS (Compagnie Sucrière du Sénégal), ainsi que les installations mise en place par des acteurs indépendants dans le cadre du programme d'électrification rurale pilotée par l'ASER (Agence Sénégalaise d'Electrification Rurale).

Le tableau qui suit montre le Parc de production du réseau interconnecté en 2004 et 2005. Les centrales sont réparties en 4 catégories ou sites : 1) Bel-Air (Dakar) ; 2) Cap des Biche (Dakar) ; 3) Régions (Kaolack et Saint-Louis) ; et 4) Producteurs Indépendants d'Énergie (GTI à Dakar et Manantali au Mali). Seuls les 2 centrales en production indépendante d'énergie n'appartiennent pas la Senelec.

La société GTI Dakar est un producteur indépendant privé américain qui a signé en 1996 un contrat de fourniture exclusif d'énergie électrique d'une durée de 15 années avec la Senelec. Elle exploite aujourd'hui une centrale en cycle combiné d'une puissance de 53 MW environ, composée d'une turbine à gaz de 37 MW et d'une turbine à vapeur de 16 MW.

Manantali (ou Eskom Energie Manantali) est une filiale de Eskom - Afrique du Sud - qui a signé un contrat avec la SOGEM (Société de Gestion de l'Énergie de Manantali) pour l'exploitation et la gestion des ouvrages électriques de l'OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal). Ces ouvrages sont composés d'une centrale de 180 MW (5 groupes de 36 MW chacun) et d'un réseau de transport d'une longueur de 1683 km. Le Sénégal dispose d'un quota de 33% du productible de cet ouvrage partagé avec le Mali et la Mauritanie.

PARC DE PRODUCTION 2004 - 2005						
Sites	Centrales	Types	Puissance nominale (MW)		Puissance distribuée (MW)	
			Valeur	Part	Valeur	Part
Bel-Air (Dakar)	C.I	Diesel	9	2%	8	2%
	C.II	Vapeur	51	11%	16	4%
	TAG 4	Turbine à gaz	32	7%	30	8%
Cap des Biches (Dakar)	C.III - vapeur	Vapeur	88	19%	77	20%
	C.III - tag	Turbine à gaz	60	13%	40	10%
	C.IV	Diesel	86	18%	85	22%
	C.V	Diesel	9	2%	7	2%
Régions	Kaolack / Kahone	Diesel	14	3%	10	3%
	Saint-Louis	Diesel	6	1%	5	1%
TOTAL PARC SENELEC			355	76%	278	72%
Producteurs indépendants	GTI (Dakar)	Cycle combiné gaz-vapeur	53	11%	51	13%
	Manantali (Mali)	Hydro-électrique	60	13%	60	15%
TOTAL PARC INTERCONNECTE			468	100%	379	100%

Figure 14 – Parc de production interconnecté en 2004-2005

Les indicateurs de qualité du service de Senelec se sont dégradés en 2004 et 2005 par rapport à 2003. Ainsi l'énergie non distribuée qui était de 7 GWh en 2003 et de 13,7 GWh en 2004 a progressé de façon considérable à plus de 30 GWh en 2005.

L'année 2005 a été marquée par l'ampleur de l'énergie non fournie pour cause de déficit, incluant les délestages directs par manque de production ainsi que les effacements. Ce déficit qui s'élevait à 21,3 GWh regroupait 69% de l'énergie non fournie sur le total de l'année. La baisse du taux de disponibilité du parc de production de Senelec ainsi que la réduction des achats d'énergie à Manantali et à GTI ont conduit à cet important déficit.

On a constaté en 2005 l'apparition de délestage par manque de combustible dans les unités de production, concourant au déficit de production ; ce phénomène a pour origine les difficultés d'approvisionnement en produits pétroliers que Senelec a connues au cours de cet exercice.

L'énergie non fournie pour cause d'incidents de production ou de réseaux représente à elle seule 7,1 GWh en 2005. Ce déficit est dû à la fois à la vétusté des ouvrages, au retard enregistré dans le développement de nouvelles installations et à l'impossibilité de réaliser les programmes d'entretien dans les délais du fait de l'importance du déficit de production. Pour limiter la dégradation de la fourniture d'énergie et pour faire face à l'important déficit de production, Senelec a procédé en 2005 à la location de 2 groupes de production additionnels de 20 MW chacun. (réf. rapport annuel 2005, CRSE).

La situation de la fourniture d'électricité ne s'est pas améliorée en 2006 et 2007 principalement à cause de la forte augmentation des prix du pétrole. Le prix à la production de l'énergie n'a pas pu être compensé immédiatement par une augmentation des prix de consommation et c'est l'Etat qui a comblé le déficit de la Senelec. De récentes informations confirment qu'une nouvelle centrale à fuel lourd (Kounoune I) de 67.5 MW sera mise en service début 2008. Un nouvel appel d'offres a également été lancé par Senelec le 1^{er} octobre pour le projet de production privée d'électricité BOO de 70 MW à fuel lourd de Tobène et 250 MW de centrales à charbon sont également prévues.

E3 La production d'énergie renouvelable

Les besoins en énergie électrique sont là, mais en 2007 seules des centrales à combustibles fossiles sont en service ou planifiées. Le ministre de l'Energie a déclaré cependant qu'« en l'absence de mécanismes adéquats d'amortissement des chocs exogènes, le secteur reste très vulnérable face au renchérissement des prix de produits pétroliers sur le marché international » et que « des mesures d'urgence seront prises dans ce sous-secteur par le gouvernement pour atténuer la dépendance », qui incluent « le renforcement des capacités de production d'électricité, l'incitation à l'économie d'énergie mais aussi l'efficacité énergétique, la diversification des sources de production d'électricité et la promotion des énergies renouvelables... ».

Vu les relativement faibles émissions de gaz à effet de serre mesurées en Afrique, en relation avec un faible développement industriel et d'importants besoins en énergie, la logique des Mécanismes de Développement Propre ne favorise pas la construction de nouvelles centrales électriques plus propres. De fait seuls 4 projets MDP ont été déposés pour l'Afrique, qui reste globalement « victime des carburants fossiles » et qui a par contre trouvé des financements pas particulièrement « verts » auprès de la Chine.

Notre projet de production d'énergie électrique renouvelable « Bioenergy Ross Bethio » trouve sa place dans le cadre d'une forte augmentation de la demande d'énergie au Sénégal (30 à 60 MW par an selon le Ministère de l'Energie), en plus du remplacement des centrales obsolètes. Il devrait venir à point nommé pour bénéficier des incitations du nouveau Fonds d'Adaptation de Bali, cogéré par le Fonds pour l'environnement mondial, qui finance des projets dans le domaine des énergies propres, et la Banque mondiale.

Notre projet se profile aussi comme un remplacement partiel de l'énergie fournie par du charbon de bois, à l'origine d'une déforestation galopante, aggravée par des rendements de carbonisation du bois de feu de 18% !

E4 Accord d'Achat d'Electricité avec Senelec

La Senelec (Société Nationale d'Electricité), www.senelec.sn, est l'opérateur historique du secteur de l'électricité au Sénégal. Elle détient le monopole du transport de l'énergie électrique sur l'ensemble du territoire, à l'exception comme nous l'avons vu du réseau interconnecté de Manantali. Elle exploite elle-même un parc de production (355 MW en 2004-2005) et est liée par des contrats d'achat d'électricité signés avec des producteurs indépendants pour une période de 15 ans (Manantali, GTI pour 111 MW). Elle détient également le monopole de la distribution sur son périmètre de concession jusqu'en 2008. Son contrat de concession avec l'Etat du Sénégal est entré en vigueur le 31 mars 1999. Au terme d'une période de 10 ans (2009), les gros clients pourront s'approvisionner auprès de producteurs de leur choix, titulaires d'une licence de vente.

Analyse sommaire des prix du marché

L'analyse sommaire des prix du marché de l'électricité au Sénégal prend en considération le prix des dernières installations en date qui sont les producteurs indépendants Manantali et GTI en 2004 et 2005), la moyenne du réseau interconnecté en 2005 et enfin la moyenne du réseau régional isolé en 2005.

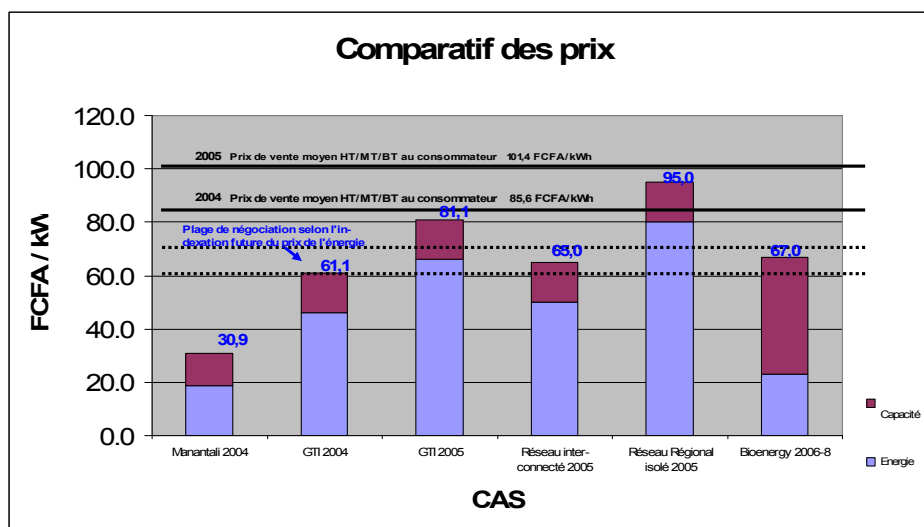


Figure 15 – Schéma d'analyse des prix (copyright SGI)

La charge de Capacité (« Capacité » dans le tableau) correspond au total des coûts d'amortissement et des coûts fixes d'exploitation de la centrale. La charge d'Energie (« Energie » dans le tableau) correspond au total des coûts de combustible et des coûts variables d'exploitation de l'usine.

Nous avons fixé sur cette base au mois d'août 2007 (prix du baril de pétrole de référence de 60\$ US) un prix de négociation du prix de l'électricité avec la Senelec compris entre 64 et 69 CFA/kWh (moyenne 67 CFA/kWh). En tenant compte de l'évolution des prix du pétrole depuis cette date, notre tarif unique de vente de l'électricité, compétitif au mois d'août, est devenu très attractif aujourd'hui (avec un prix moyen du prix du baril de pétrole 90\$ US / baril).

Accord d'achat d'énergie avec Senelec

Nous avons obtenu le 25 juillet 2007 une lettre d'intention de la Senelec d'acheter à Bioenergy Roth Béthio la totalité de l'électricité produite par l'Usine (**cf. Annexe 3 – Lettre d'intention d'achat d'électricité**). Sur cette base nous avons établi un accord d'achat d'énergie électrique en gros basé sur le modèle du projet de contrat de producteur indépendant d'énergie de Kounoune (**voir Annexe 4 – Préambule de l'accord d'achat d'électricité**).

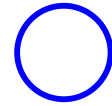
A l'instar du contrat de base notre contrat a pour objet la vente exclusive, en tant que producteur indépendant d'énergie BOO, de la totalité de l'énergie électrique à Senelec. L'accord est établi au nom de SGI et de la société-projet Bioenergy Ross Bethio (Senegal) en formation, pour une durée de 15 ans et renouvelable pour 15 ans.

Comme précisé dans la lettre d'intention le contrat sera valable après l'obtention de toutes les licences et autorisations requises pour l'activité de production et de vente de l'énergie électrique auprès des autorités sénégalaises en l'occurrence le Ministère chargé de l'énergie et la Commission de Régulation du Secteur de l'Electricité (CRSE).

Obtention des licences et autorisations

Les rôles et responsabilités des institutions intervenant dans le sous-secteur de l'électricité, en particulier concernant l'obtention des licences et autorisations, sont définis par la loi 98-29 du 14 avril 1998, modifiée en certaines de ses décisions par la loi 2002-01 du 10 janvier 2002. Il s'agit principalement :

1. De la Commission de Régulation du Secteur de l'Electricité (CRSE), www.crse.sn. C'est une autorité indépendante chargée de la régulation des activités de production, de transport, de distribution et de vente de l'énergie électrique. Elle dispose également d'attributions consultatives au profit du Ministre chargé de l'énergie. A ce titre, la CRSE instruit les demandes de licences et de concession, veille au respect de la réglementation, détermine la structure et la composition des tarifs, et conseille le Ministre chargé de l'Energie sur les projets de textes législatifs et réglementaires. Elle constitue ainsi un élément central dans le dispositif de sécurisation des investissements dans le secteur de l'électricité.
2. Du Ministère chargé de l'énergie (actuellement le Ministère de l'Energie et des Mines) est responsable de la préparation et de la mise en œuvre de la politique sectorielle définie par le Chef de l'Etat, de la définition du plan national d'électrification, ainsi que des normes applicables au secteur. C'est le Ministre qui accorde les licences et concessions, après avis conforme de la CRSE.



F. Rôle du Gouvernement et aspects fiscaux

F1 Le Sénégal

Sénégal politique

Le Sénégal est un pays d'Afrique de l'Ouest avec une large côte ouverte sur l'Océan Atlantique. La Gambie est enclavée au sud du pays. Les pays riverains sont la Mauritanie, le Mali, la Guinée et la Guinée-Bissau. Le Sénégal a une superficie de 193'000 km² (soit environ 5 fois la surface de la Suisse) et compte 10 millions d'habitants. La capitale est Dakar.

Le Sénégal est un modèle en Afrique de l'Ouest. C'est une démocratie multipartite qui reconnaît les droits politiques et sociaux internationaux et qui respecte une grande liberté d'expression. Il est signataire des conventions internationales sur la protection de l'environnement, sur les droits de l'homme, sur le commerce, sur les droits d'auteur, sur le droit du travail, etc ... C'est un pays stable cité en exemple dans le monde entier et présentant un niveau de risque modéré selon Credit Risk International. C'est un lieu d'échange où tout investisseur, sans distinction d'origine, est libre de s'installer, de prospérer et de rapatrier des capitaux.

Véritable carrefour de l'Afrique de l'Ouest, le Sénégal est un pays à l'économie libérale où le secteur privé est soutenu sans réserve par les autorités. Le vaste programme de privatisation, la libre concurrence, la simplification du cadre réglementaire et juridique, le dynamisme du dispositif de promotion des investissements favorisent un climat des affaires sain.

Sénégal économique

Tourné vers l'avenir, l'Etat a mis en œuvre une stratégie de croissance accélérée destinée à doper les investissements et à lutter durablement contre la pauvreté. Cet engagement formel se traduit par une volontariste et novatrice de promotion des investissements et la mise en place de mesures incitatives.

Le Sénégal est le premier pays ouest africain à se voir attribuer la notation « B+/stable/B » trois années consécutives (Standards & Poors). L'inflation est maîtrisée, les recettes financières en hausse, et le pays affiche le taux de croissance du PIB (>6%/an) le plus important en Afrique de l'Ouest. Les activités de services sont en progression, à hauteur de 60% du PIB.

Le Sénégal partage une monnaie commune avec 8 pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA). Le franc CFA est une devise stable qui affiche une parité fixe avec l'Euro. La politique monétaire de la zone est régie par la Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO). Grâce à ses pratiques de bonne gouvernance, le Sénégal jouit de la confiance des institutions financières internationales.

F2 L'APIX et le Code des Investissements

Le rôle du Gouvernement dans la mise en place du projet, de même que les aspects fiscaux ont été vus avec l'APIX (Agence nationale chargée de la Promotion de l'Investissement et des grands travaux), www.apix.sn. Au Sénégal, l'investissement est soutenu par une politique incitative attrayante qui s'appuie sur des dispositifs légaux, fiscaux et douaniers régulièrement actualisés. Des mesures d'allégement fiscal, des garanties et des avantages sont consentis aux investisseurs à travers le nouveau Code des Investissements, le régime d'entreprise franche d'exportation et le BOT.

Comme nous allons le voir un Guichet Unique moderne centralise, facilite et accélère les formalités administratives d'implantation de toute entreprise dans le pays.

En 2006, le taux d'impôt sur les sociétés a été réduit de 33 à 25%. Le Sénégal a adopté un nouveau Code des Investissements attractif dont le champ d'application a été élargi à plusieurs secteurs stratégiques. Ouvert, incitatif, transparent et accessible, il prévoit des avantages douaniers et fiscaux pour les entreprises nouvelles comme pour les projets d'extension. Entre autres avantages : l'exonération des droits de douane, la suspension de la TVA, la réduction du bénéfice imposable.

L'APIX est une structure autonome rattachée directement à la Présidence de la République du Sénégal. Le Guichet Unique de l'APIX assure une prise en charge rapide et efficace des projets d'investissements pour leur agrément au dispositif d'incitations. Il centralise et procède à l'exécution de toutes les formalités administratives liées à la création des entreprises, en un même lieu, sur une fiche unique (NINEA, IPRES, Caisse de sécurité sociale). Il centralise et exécute toutes les procédures relatives à l'agrément au Code des Investissements et/ou au statut de l'Entreprise Franche d'Exportation.

Les procédures au Guichet Unique sont certifiées ISO. Elles sont rapides : l'immatriculation est garantie est moins de 48 heures et l'agrément au Code des Investissements en moins de 10 jours.

F3 Rôle du Gouvernement et aspects fiscaux

Le rôle du Gouvernement a toujours été prépondérant. Il a été consulté tout au long du processus de développement/mise en place du projet, principalement pour les deux questions de base concernant :

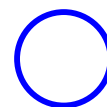
1. La demande de concession pour la coupe et la collecte du typha auprès du Ministère de l'Environnement ;
2. Le support et le conseil du Ministre de l'Energie et de la CRSE (Commission de régulation du secteur de l'électricité) pour la rédaction/la signature de l'accord d'achat d'électricité à la Senelec.

Suite à notre demande la Communauté Rurale de Ross Bethio a délibéré en conseil le 7 août 2007 et nous a confirmé par décret le 10 octobre 2007 une surface de 16 ha (1 terrain de 10 ha au niveau du Barrage de Diama et 3 terrains de 2 ha plus décentralisés proche du fleuve) pour l'implantation de l'usine et des sites de stockage temporaire (**cf. Annexe 2 – Accord Terrain**). La mesure doit encore être entérinée au niveau de la Préfecture du district de Ross Bethio.

En plus des avantages courants (exonération des droits de douane, suspension de la TVA) qui seront octroyés à notre entreprise selon le Code des Investissements par l'APIX, une demande particulière d'exonération fiscale totale ou partielle de toute imposition sur le bénéfice imposable (pendant les premières années d'activité et/ou la durée d'exploitation de la société) est en cours auprès du Ministère de l'Economie et des Finances.

Actions	Responsables (Signataires)	Appuis / conseils auprès d'organismes gouvernementaux
Contrat de concession pour le typha	Ministère de l'Environnement	1 ^{er} Ministre / Ministre de l'Energie
Accord d'achat d'électricité	Senelec	Ministre de l'Energie / CRSE
Accord pour terrain (Site de l'usine)	Commission Rurale de Ross Bethio	Préfecture de Ross Bethio / Ministère de l'Environnement
Exonération / Avantages fiscaux	Ministre de l'Economie et des Finances	APIX

Figure 16 – Tableau des actions entreprises avec les organismes gouvernementaux



G. Structure, organisation et management

G1 Analyse des intervenants dans le développement du projet

Toutes les démarches de développement du projet ont été engagées au nom de SGI pour le compte de la société-projet Bioenergy Ross Bethio (Senegal). La société-projet existe aujourd'hui sous le nom de SGI Sénégal Sàrl depuis le 15 février 2006 (**cf. Annexe 1 - Enregistrement SGI Senegal Sàrl**). Elle sera modifiée en temps voulu (changement en société anonyme, changement de dénomination sociale, modification corrélative des statuts, augmentation du capital, etc ...) pour le montage technique et/ou financier du projet.

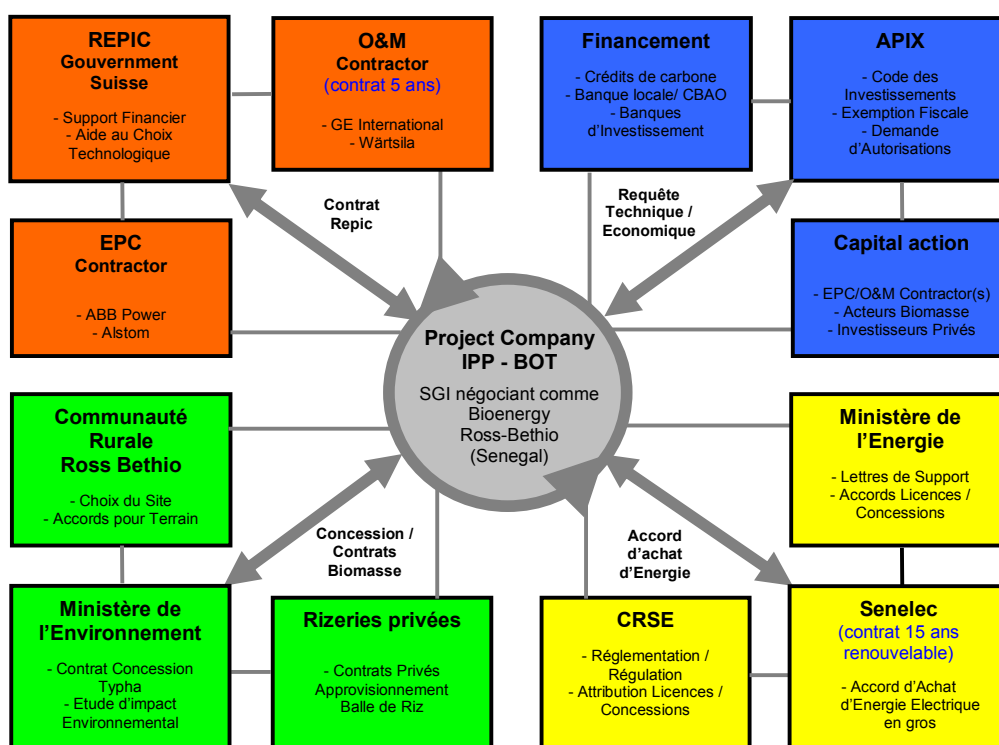


Figure 17 – Intervenants Projet Bioenergy Ross Bethio (Senegal)

Cette grille d'analyse permet de mettre en évidence les intervenants (ainsi que l'ordre de leurs interventions) dans le processus de développement du projet. On trouve :

- Prioritairement, de gauche à droite en tournant dans le sens contraire des aiguilles d'une montre : 1) le Repic (en tant que support financier externe et aide pour le choix technologique); 2) le Ministère de l'Environnement (pour ce qui concerne le contrat de concession pour garantir l'approvisionnement de l'usine en typha et les études d'impact environnemental); 3) la Senelec (pour le contrat de cession exclusive de l'électricité); 4) l'APIX (en tant que «guichet unique» pour les questions administratives de base liées au code des investissements, aux exemptions fiscales, ainsi qu'aux demandes d'autorisation de construire et d'exploiter).
- Secondairement, toutes les autres entités énumérée ci-dessus regroupée par couleur : 1) orange pour le choix de technologie et la construction/exploitation de l'usine ; 2) vert pour l'approvisionnement en biomasse et la localisation de l'usine; 3) jaune pour les questions de vente de l'énergie produite et d'obtention des licences nécessaires; 4) bleu pour le financement du projet et les démarches administratives.

G2 Organisation du projet

Durant la construction

SGI agira en tant qu'assistant à Maître d'Ouvrage (Bioenergy Ross Bethio - Sénégal) pendant toute la durée de la construction. Comme nous l'avons vu c'est SGI qui sera en charge pour le compte du Maître d'Ouvrage de l'intégration des diverses technologies et de la coordination des différentes tâches avec les différents partenaires au projet (principalement EPC et O&M Contractors): ingénierie des installations, choix des entreprises, signature des contrats avec les entreprises, demande d'autorisation d'exploiter et de construire l'usine, possible certification du projet dans le cadre des MDP, suivi des travaux réalisés en entreprise générale, etc ...

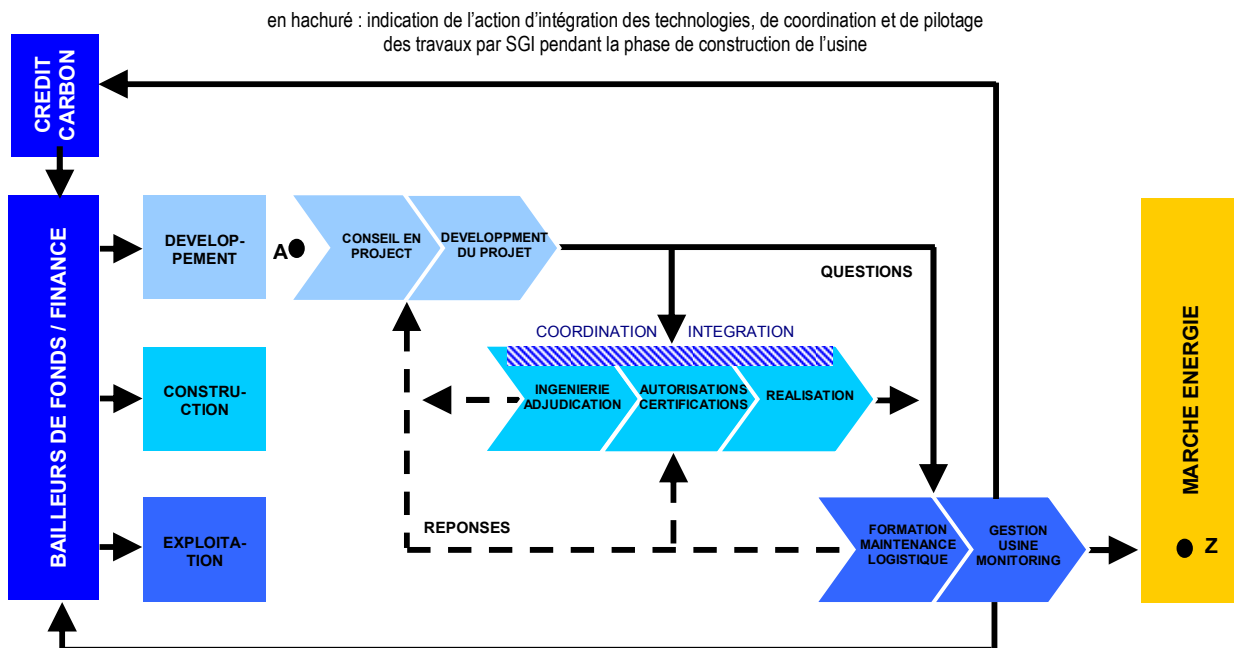
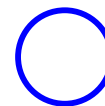


Figure 18 – Chaîne de valeur simplifiée du projet Bioenergy Ross Béthio

Durant l'exploitation

Il est prévu que SGI continuera d'agir par la suite pour le compte de la société Bioenergy Ross Bethio (Senegal) pour assurer entre autres la formation de base du personnel, optimiser la logistique et assurer le monitoring et la maintenance de l'usine.

Un mandat de monitoring et de maintenance aurait le gros intérêt pour SGI de rester en contact avec les propriétaires et les exploitants de l'usine afin d'en contrôler les performances, et en retour d'améliorer de manière constante les nouveaux projets répliqués à partir de la même base technologique.



H. Prévisions financières et impacts du projet

H1 Chiffres clés

Le montant total d'investissement est devisé à ca. EUR 20 Mio. Il a été établi en tenant compte de l'investissement nécessaire pour la connexion électrique de la Centrale au réseau et pour le matériel nécessaire à l'approvisionnement de l'Usine en biomasse.

Le plan financier joint (**cf. Annexe 7 – Plan financier de base**) a été établi sur la base des revenus d'exploitation d'une usine de production de gazéification et de production d'énergie de 46'400 tonnes de biomasse composée pour 2/3 de Typha et 1/3 de balle de riz. Les revenus sont assurés pour presque la totalité par la vente de l'électricité. Nous n'avons à ce stade pas pris en compte des revenus supplémentaires pouvant provenir de la mise en valeur de la chaleur.

La redevance moyenne pour assurer le travail de collecte et d'approvisionnement de la biomasse a été fixée en moyenne à 18 EUR/tonne. Les charges liées au projet comprennent les frais financiers du projet pour le paiement de l'amortissement et de l'intérêt de la dette, ainsi que les charges d'exploitation représentant principalement les charges d'exploitation et de maintenance, les frais de personnel (exploitation / administration) et les coûts d'assurance (MIGA et autres).

Sur cette base la rentabilité économique du projet correspond aux objectifs fixés. Le retour sur l'investissement est de moins de 6 ans. Le retour sur les fonds propres est de moins de 4 ans calculé avec un tiers de fonds propres (avec 1/3 de fonds propres et 2/3 de financement externe).

Résumé financier du projet		
Nom du projet	Bioenergy Ross Bethio	
Lieu du projet	Ross Bethio, Senegal	
Préparé par	SGI	
Technologie	Gazéification Biomasse	
Capacité électrique	MW	7.35
Rendement	%	27.0
Électricité vendue au réseau	MWh/an	59'134
Prix de l'électricité vendue	€/MWh	102
Revenu de ventes d'électricité	k€/an	6'032
Prix du fertilisant vendu	€/t	20
Revenu du fertilisant vendu	k€/an	94
Total des revenus	k€/an	6'126
Coûts d'investissement	€/kW	2'752
Total des coûts d'investissement	k€	20'238
Redevance pour la biomasse	k€/an	835
Charges d'exploitation & maintenance	k€/an	1'896
Charges de financement (int. & amort.)	k€/an	1'709
Total des charges	k€/an	4'440
TRI sur investissement	%	16.5
Retour sur investissement	an	5.7
TRI sur fonds propres	%	30.0
Retour sur fonds propres	an	3.6

Figure 19 – Informations financières sur le projet

Il est important de noter que le modèle financier ne prend pas en considération les aides et/ou subventions telles les crédits de carbone qui pourraient être octroyés à ce type de projet et qui devrait encore améliorer sa rentabilité.

H2 Impacts sociaux

TABLEAU DU PERSONNEL				
Activités	Sous-activités		Personnel	
			Détail	Total
Logistique	Logistique Typha	Faucardage	8	72
		Coupe & Transport	64	
	Logistique Balle de riz	Transport	4	4
Production	Gazéification		10	12
	Production Energie		2	
Administration			4	4
TOTAL PERSONNEL			92	92

Figure 20 – Tableau du personnel - Bioenergy Ross Bethio

La société Bioenergy Ross Bethio (Senegal) va engager 92 personnes, dont 6 à 7 emplois hautement qualifiés pour des ingénieurs et les membres de direction. Au maximum 1 à 2 membres de la direction seront étrangers, ceci surtout pendant les premières années de démarrage de l'activités de l'entreprise. Le reste du personnel salarié sera sénégalais, en grande majorité d'origine locale. La formation donnée au personnel leur permettra d'acquérir des compétences professionnelles qui seront reconnues dans la région.

Une partie de la coupe du typha sera réalisée manuellement et permettra d'apporter des revenus supplémentaires à la population locale. On estime qu'il y aura plus de 100 emplois indirects créés par cette activité.

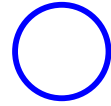
Nous allons également nous engager à améliorer les conditions de vie de la population localisée dans la zone, surtout par l'engagement préférentiel de collaborateurs originaires de la zone. Nous allons également mettre à disposition à des tarifs préférentiels la cuisson au gaz et l'éclairage aux communautés proches de l'usine.

Nous envisageons également participer au financement d'une école qui servira accessoirement de centre de formation du personnel de l'entreprise.

H2 Impacts environnementaux

Nous avons calculé une économie de 37'800 tonnes de CO2 fossile pour notre projet basé sur l'utilisation de 45'000 tonnes de résidus de biomasse par an. A titre comparatif la même production d'énergie électrique sur la base de combustibles fossiles produirait 38'433 tonnes de CO2 annuellement.

Pour améliorer encore le bilan environnemental nous envisageons équiper la totalité du matériel de logistique avec des moteurs à gaz.



I. Futurs développements du projet

La construction de l'usine est planifiée pour le 3^{ème} trimestre 2008. Pour plus de détails concernant le programme complet de développement et de construction de l'usine voir **l'Annexe 8 – Planning**.

D'ici là, les principales activités de mise en place concrète du projet concernent :

1. pour le marché de l'énergie : finalisation de l'accord d'achat de l'énergie, règlement des questions de licences et de raccordement de l'usine au réseau électrique ;
2. pour l'approvisionnement en biomasse : finalisation du contrat de concession pour le Typha et des études d'impact, signature des contrat pour la balle de riz, choix définitif du matériel de logistique ;
3. pour l'administration et le financement de l'usine : règlement des questions d'autorisations et d'agrément au Code des investissements, acquisition de la propriété des biens-fonds et nouvelle capitalisation de la société-projet, signature des accords de financement (fonds propres, fonds mezzanine, banques, aides et ou subventions, ...), signature de l'assurance MIGA sur les risques politiques ;
4. pour la technologie de conversion de l'énergie : engagement des contrats avec les contractants (EPC/O&M) et de l'ingénierie de base et de détail des projets, choix des fournisseurs.
5. pour d'éventuelles compensations environnementales : documentation et engagement d'un contrat avec le Fonds d'Adaptation de Bali, cogéré par le Fonds pour l'environnement mondial et la Banque mondiale, avec le support du gouvernement sénégalais et des autorités suisses représentant notre pays dans ce fonds.
Alternativement, un contrat MDP (dans le cadre de l'UNCC), avec les mêmes organes de support, permettrait de remplir cet objectif.

Lausanne, le 15 décembre 2007

Bernard Bezençon & François Sugnaux