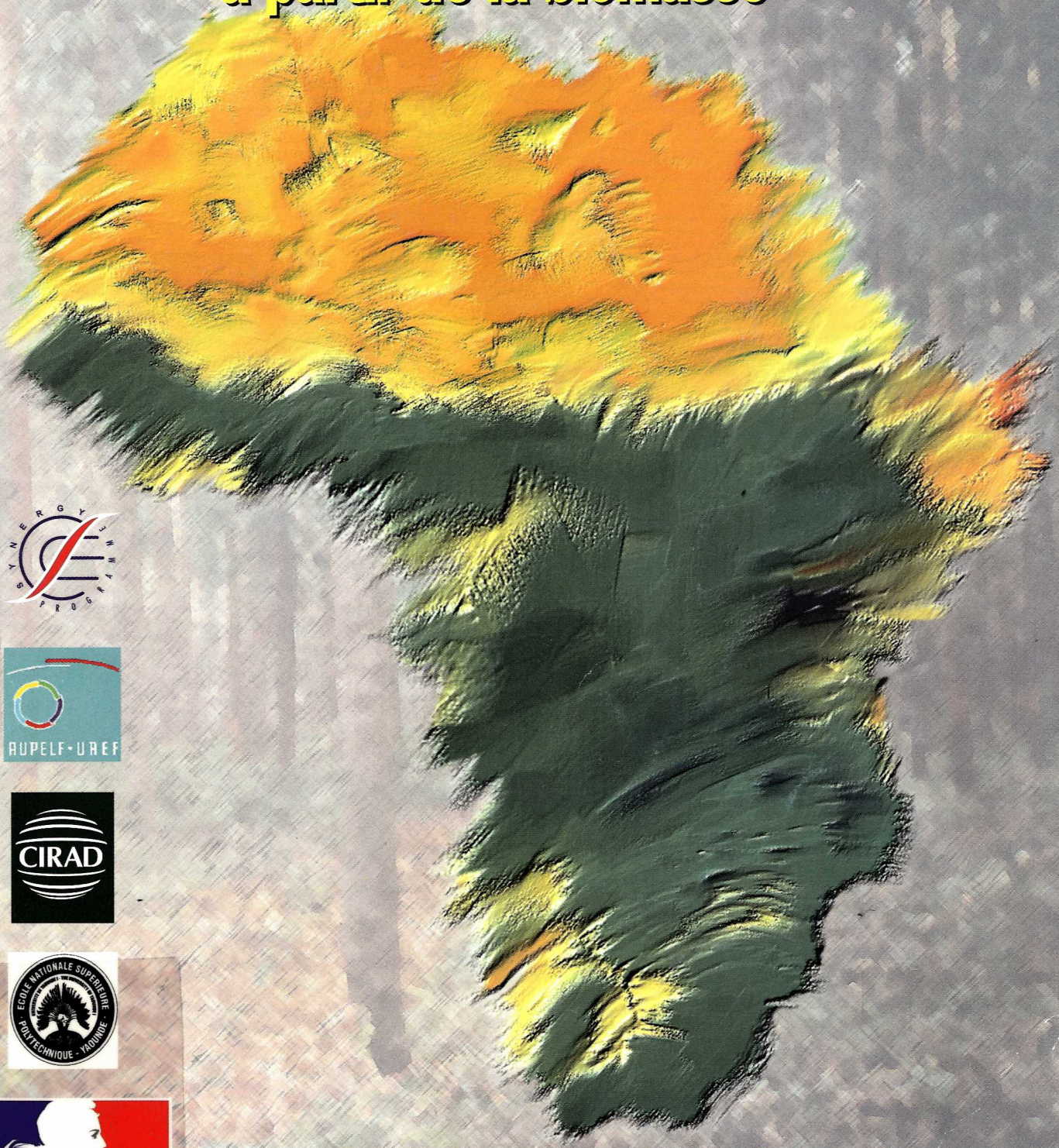
Faisabilité de projets d'électricité rurale décentralisée à partir de la biomasse



SYNERGY PROGRAMME

AUPELF-UREF

CIRAD

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE YAOUNDE

iberté • Égalité • Fraternité

Actes de l'atelier régional du 25 au 30 Septembre 2000
YAOUNDE (CAMEROUN)

ORGANISATION ET SUIVI DE L'ATELIER DE FAISABILITE DE PROJET D'ELECTRICITE RURALE DECENTRALISEE A PARTIR DE LA BIOMASSE

CIRAD-Forêt

Ecole Nationale Supérieure de Polytechnique

CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
BAILLARGUET

CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
Baillarguet

YAOUNDE (CAMEROUN) 25 au 30 Septembre 2000

DK478641

PRODUCTION INTEGREE D'ELECTRICITE PAR GAZEIFICATION DE LA BIOMASSE AU BURKINA FASO : ETUDE DE PREFAISABILITE

Pépin M.TCHOUATE HETEU, Chercheur
UCL Université catholique de Louvain - Groupe Energie Biomasse
Place du Levant, 2 (parking 14) - B 1348 Louvain La Neuve - BELGIQUE
Tél : 32.10.47.28.65 - Fax : 32.10.45.26.92 - tchouate@term.ucl.ac.be

Note : *Ce projet a été financé par l'IEPF et réalisé en collaboration avec les partenaires burkinabé et d'autres experts belges que je tiens à remercier tout particulièrement.*
L'objectif de cette contribution à l'atelier de formation en biomasse énergie de Yaoundé du 25 au 30/9/2000 est de présenter l'aspect méthodologique utilisé afin de permettre aux participants de l'atelier d'avoir une vue d'ensemble sur l'organisation d'une telle étude dans leurs pays respectifs.

1 CONTEXTE GENERAL

Les efforts considérables entrepris par la Société Nationale d'électricité du Burkina (SONABEL), n'ont permis à ce jour de dépasser un taux d'accès à l'électricité de 7 % et, parmi ces abonnés, 88 % habitent les 3 plus grandes villes du pays. Ce qui conduit à une très faible pénétration de l'électricité dans les villes secondaires et zones rurales du pays, pourtant l'électricité est un élément fondamental pour le développement économique et social de la population d'une région et s'affirme de plus en plus comme un bien de base au même titre que la santé, la nourriture, l'éducation, etc. On peut imputer ce faible taux d'électrification au coût élevé de l'énergie primaire. Il faut savoir que les 2/3 de l'électricité sont produits au Burkina à partir de produits pétroliers importés et transportés sur de longues distances. Au niveau national, la facture pétrolière représente à peu près 8% des importations et 22% des recettes d'exportation.

Le problème de la déforestation reste donc une préoccupation importante et un défi majeur pour ces prochaines années, étant donné que les besoins en nouvelles terres de culture et en bois de chauffe entraînent une réduction de leur superficie d'environ 150 000 ha/an et le manque de motivation dû aux trop faibles revenus financiers procurés par la coupe du bois et le trop long temps de retour des investissements forestiers.

2 OBJECTIFS

Face aux préoccupations pressantes que connaît le Burkina Faso, le développement d'une filière de production d'électricité à partir de biomasse, destinée aux centres secondaires et au milieu rural, pourrait répondre aux objectifs suivants :

- réduction des coûts de production de l'électricité
- création de nouveaux débouchés aux agriculteurs
- appui au programme de reforestation
- développement technique et économique de régions semi-urbaines et rurales
- réduction des importations de fuel-oil et de la facture énergétique du Burkina
- réduction des émissions de CO_2

Lebut de cette étude est d'analyser dans quelles mesures une filière basée sur la gazéification de la biomasse peut satisfaire aux objectifs précités. Pratiquement, cette étude vise à :

1. Evaluer la faisabilité technique, économique et sociale, ainsi que l'impact environnemental, de la filière de production d'électricité par gazéification de biomasse dans le contexte burkinabé.
2. Sélectionner un site potentiellement intéressant pour cette filière et en analyser en détail la faisabilité technique et environnementale, socio-économique, institutionnelle et organisationnelle.
3. Si les conclusions s'avèrent positives, proposer un programme de mise en œuvre d'une filière de gazéification de la biomasse pour ce site.

Cette étude de faisabilité se veut transversale et multi-disciplinaire. Elle comporte un volet agricole, un volet technologique et un volet socio-institutionnel. Bien qu'ils soient étroitement imbriqués, chacun de ces volets appelle des types et des outils d'analyse spécifiques.

3 APPROCHE METHODOLOGIQUE

3.1 Déroulement de l'étude

Cette étude a comporté quatre phases :

1 - Analyse au niveau national et choix des sites pour une analyse approfondie;
2 - Le choix de modèles de filière et la conclusion générale;
4 - La préparation d'un projet pilote.

3.1.1 Analyse au niveau national et choix des sites

Cette analyse a consisté à réaliser un découpage du pays en zone relativement homogène du point de vue des conditions éco-climatiques de production de biomasse susceptibles d'être convertie en électricité, des grands systèmes agraires (élevage dominant, céréales dominantes, coton-maïs, ...) et socio-démographique (structure de la consommation d'électricité, groupes ethniques, ...) dans le but de choisir trois zones qui offrent un potentiel intéressant pour

l'implantation d'une filière. Elle a aussi tenu compte du plan d'électrification des villes secondaires de la SONABEL.
Dans le cadre de cette phase, une première mission au Burkina a été réalisée par l'équipe de consultants (du 2 au 16 décembre). En collaboration avec les partenaires burkinabè, elle a permis de rencontrer des représentants des ministères concernés (Energie et Mines, Eau et Environnement, Agriculture). Elle fut également l'occasion de discuter avec des chercheurs travaillant dans le domaine du bois-énergie et des responsables de projet.
Cette analyse a débouché sur le choix d'un site, plus exactement un centre urbain (un lieu de consommation d'électricité reliés à des lieux de production potentiels de biomasse), représentatif par zone retenue. Elle a permis aussi de déterminer pour chacun de ces sites le choix d'une biomasse pouvant alimenter la filière.

Contenu de l'analyse au niveau national

Volet agronomique :

L'équipe a procédé à une étude des conditions agro-climatiques sur l'ensemble du Burkina Faso afin de sélectionner une ou plusieurs régions où la faisabilité des cultures énergétiques est élevée.
Elle a analysé les facteurs suivants dans les différentes régions naturelles du Burkina Faso :
- Leurs caractéristiques climatiques et pédologiques ;
- Les orientations technico-économiques de l'agriculture dans ces régions ;
- Les systèmes agraires en place et l'organisation de la production agricole ;

Elle a aussi étudié les sources de biomasse énergétique agricole ou forestière utilisées actuellement dans ces régions. Deux sources de biomasse énergétique ont été analysées : les résidus agricoles et les cultures énergétiques.
Les ressources en **résidus agricoles** potentiellement valorisables pour la production d'électricité par gazéification, provenant de l'agriculture ou l'industrie agro-alimentaire ont été répertoriées et analysées. Il s'agissait de mettre en évidence, par type de résidus (ligneux et sous-ligneux) :
- la qualité de ces résidus comme combustible pour la gazéification (voir ci-après) ;
- les utilisations actuelles de ces résidus ;
- la quantité disponible, le calendrier de disponibilité et la localisation des ressources ;
- les moyens et le coût de mobilisation (récolte, transport, conditionnement).

Différentes **cultures énergétiques**, ligneuses (eucalyptus, acacia, leucena, ...) ou sous-ligneuses (miscanthus, Andropogon, ...) ont également été répertoriées et analysées.

Volet technologique :

1) **Structure de la production d'électricité** au Burkina.

Au Burkina Faso, on peut identifier trois niveaux de production et de consommation :
- Les grands centres urbains et leur périphérie (Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, ...) pour lesquels la puissance installée, de plusieurs dizaines de MW est fournie par plusieurs centrales interconnectées ;
- Les centres secondaires où la production est assurée par des groupes autonomes de puissance inférieure à 2 MW ;
- Les villages dans lesquels on peut trouver des équipements de production solaire, éolien ou thermique dont la puissance varie de quelques kW à moins de 100 kW

Pour chacune de ces classes, la production d'électricité a été analysée de façon à mettre en évidence :
- L'évolution de la demande en électricité au cours de la journée et au cours de l'année (diagrammes de charge).
- Les performances des équipements de production (consommations, rendements, maintenance);
- La structure du coût du kWh consommé (production, transport et de distribution).

Ces informations ont servi de base à une comparaison des filières de production d'électricité par gazéification de la biomasse et des filières " classiques " ainsi qu'à la définition des niveaux de production pour lesquels les filières de gazéification de la biomasse s'avèrent intéressantes

2) **Caractérisation** de la biomasse/ **aptitude** à être gazéifiée

L'équipe a étudié le comportement en gazéification co-courant des différents types de biomasse (résidus agricoles et cultures énergétiques) présentant un potentiel intéressant. Cette caractérisation a été effectuée soit sur base de la bibliographie, si elle est disponible, soit par des essais en vraie grandeur menés à l'UCL sur un gazogène expérimental de 100 kWth spécialement conçu à cet effet et adapté pour gazéifier des combustibles " difficiles ".

Les essais ont consisté à gazéifier une masse d'environ 60 kg selon un protocole établi à l'UCL qui a permis de vérifier :
- la faisabilité technique,
- la qualité du gaz produit,
- le rendement de conversion bois-gaz,
- les pertes de charge,
- les pertes par imbrûlés.

La caractérisation vise un double but :
- sélectionner la ou les biomasses les plus adaptées ;
- fournir les indications de base pour la conception du gazogène et de la filière de conditionnement du combustible.

L'analyse du potentiel des ressources en biomasse au Burkina Faso ont mis en évidence la disponibilité des ressources suivantes :
- essences ligneuses,
- tiges de coton,
- andropogon,

et dans une moins grande mesure, les tiges de mil et de maïs.

Si le bois est régulièrement utilisé dans les applications de gazéification, il n'en est pas de même pour les autres ressources identifiées. Avant de poursuivre l'étude de faisabilité, il est fondamental de déterminer l'aptitude de ces biomasses recensées à être gazéifiées. Pour ce faire, nous avons rapatrié en Belgique 45 kg de tiges de coton et 75 kg d'Andropogon. Nous pouvons considérer que les essences ligneuses du Burkina ne présentent par de différences significatives avec les essences européennes. Quant aux tiges de mil, leur composition et structure est sensiblement équivalente à celle du maïs et nous ferons l'hypothèse que les tiges de maïs produites au Burkina présentent le même comportement en gazéification que les tiges de maïs belge.

Les résultats obtenus donnent une bonne idée du comportement de la biomasse en gazéification. Cependant, les essais ont été de courtes durées et n'ont porté que sur des quantités limitées. Des effets cumulatifs qui pourraient éventuellement se produire lors d'une exploitation en vraie grandeur d'une installation de gazéification ne peuvent pas être mis en évidence.

Volet organisationnel :

Il s'agit de déterminer quelle pourrait être l'organisation générale de la filière, c'est-à-dire les acteurs qui interviennent aux différents stades, leurs modes d'organisations et les liens qu'ils entretiennent entre eux.

Au niveau de la **production**, celle-ci peut être le fait de producteurs isolés ou réalisée par des groupements (groupements existants, comme les groupements villageois ou les groupements de gestion forestière, ou groupements créés spécifiquement dans le but d'alimenter la filière).

Le **conditionnement** (fagotage, mise en ballots) de la matière première en vue de son **transport** peut être réalisé par les producteurs eux-mêmes ou par les personnes chargés du transport. Celui peut d'ailleurs être également assuré par les producteurs eux-mêmes, mais aussi par des groupements de transporteurs (en particulier, association de charretiers), ou encore par des particuliers spécialisés dans le transport de marchandises telles que le bois.

Différentes possibilités existent également pour le **stockage** et le **conditionnement** (séchage, broyage, ...) de la biomasse avant gazéification. L'opérateur du gazogène peut être responsable du stockage mais on peut également imaginer que celui-ci soit réalisé par les producteurs (dans ce cas, l'offre de biomasse peut être étalée dans le temps même si la production se fait à une période précise) ou par des intermédiaires (union de groupements villageois par exemple).

Ensuite, il s'agit de voir qui (institution, individu) pourrait assurer le rôle d'**opérateur** du gazogène et de ses équipements et éventuellement des groupes électrogènes si les sites retenus ne sont pas électrifiés ou ne le seront pas dans un avenir proche. Même dans les sites déjà électrifiés, il faut se demander s'il est envisageable que l'opérateur actuel, la SONABEL qui a jusqu'à présent le monopole de la production et de la distribution d'électricité, puisse vendre ou louer ses installations à un autre opérateur. Par ailleurs, dans le cas où la SONABEL garde ses installations mais que c'est un autre opérateur qui investit dans le gazogène et gère celui-ci, il faut également s'interroger sur les liens contractuels entre ces deux opérateurs.

Enfin, se pose la question de la **distribution** de l'électricité. Peut-on par exemple concevoir qu'un autre opérateur que la SONABEL assure celle-ci ?

Un certain nombre d'éléments de réponses ont été apportés au cas par cas, en fonction des sites retenus, lors des analyses à l'échelle locale, mais des grandes lignes, telles que la place de la SONABEL, se sont dégagées au stade de l'analyse à l'échelle nationale.

3.1.2 Analyse au niveau local

L'analyse au niveau local s'est réalisée sur le terrain par une mission de trois jours dans chacun des sites. Une seconde mission sur terrain a permis d'approfondir les aspects technologiques de la filière et les aspects de conditionnement et stockage de la matière première. Cette seconde mission a également permis de rencontrer des industriels en place au Burkina, des importateurs de matériel et des responsables de projet dans le domaine de l'énergie.

L'équipe de consultants a pu compter sur l'appui de la Direction Générale de la Foresterie Villageoise et de l'Aménagement Forestier (DFVAF) et sur les services provinciaux du Ministère de l'Environnement et de l'Eau pour son travail sur terrain.

Pour chaque site, l'équipe a procédé à l'identification, en fonction des contraintes et des atouts locaux, de solutions techniques, agronomiques et organisationnelles concrètes, à partir des interrogations suivantes :

- Quels types précis de biomasses sont envisageables et quels seront leur disponibilité.
  Sélection des espèces ayant un potentiel comme cultures énergétiques en fonction de leurs exigences pédo-climatiques (pour le bois), et évaluation de leur rendement et disponibilité potentiels.
- A quelles conditions cette biomasse peut être mobilisable au niveau des paysans.

CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
Baillarguet

Analyses des possibilités d'intégration des cultures énergétiques sélectionnées dans les systèmes agraires existants et des conditions de cette intégration. Examen des contraintes d'ordre culturel et institutionnel à l'introduction de nouvelles pratiques agricoles (contraintes foncières, contraintes liées aux modes d'organisation du travail, ...).

- Quels sont les impacts environnementaux prévisibles.
  Évaluation des impacts environnementaux (qualité des sols, équilibres hydrologiques, érosion éolienne et hydraulique, ...) des cultures énergétiques et des pratiques culturales retenues.
- Y a-t-il des intermédiaires fiables pouvant assurer le lien entre les producteurs et l'opérateur du gazogène ;
- Quels seront le besoin de stockage et de conditionnement de la matière première et les possibilités de le rencontrer ;
- Quel sera le coût de la biomasse à l'entrée du gazogène.
  Évaluation des coûts de production, de transport et de conditionnement de la biomasse pour différents itinéraires techniques.
- Quelles sont les options techniques les plus adaptées au contexte.

Définir la filière technique la mieux adaptée au niveau de consommation et de puissance déterminé, notamment en ce qui concerne :

- La technologie du gazogène et de traitement du gaz (type d'alimentation, de décendrage, ...)
- Le type de moteur (allumage commandé ou diesel)
- Quelles sont les capacités locales à assurer la gestion et l'entretien du matériel.
  Le niveau de compétence technique disponibles au niveau national et local permet-il une maintenance aisée des constituants des différentes alternatives technologiques et éventuellement d'envisager la fabrication des éléments au Burkina Faso, ce qui assurerait une plus grande maîtrise de la technologie et permettrait une dissémination ultérieure plus aisée.

3.2 Le choix d'un site au terme de l'analyse au niveau national

3.2.1 Les critères

Les critères qui conduiront à la sélection des sites en prévision de l'analyse approfondie au niveau local, et donc plus tard, du projet pilote, se fondent sur les aspects électriques, sur la disponibilité en biomasse et sur des données d'ordre organisationnel.

Huit critères ont été retenus :

Critère 1 : Choix des sites parmi les centres secondaires électrifiés ou à électrifier (d'ici 2001).
Critère 2 : Demande électrique de puissance inférieure à 200 KVA.

Critère 3 : Bonne accessibilité en toute saison pour l'acheminement de matériel, dépannages éventuels,

Critère 4 : Disponibilité de la biomasse dans un rayon de +/-15 km autour du centre production. Ont été intégrés dans l'analyse des aspects tels que la pression foncière, les autres utilisations de la biomasse (briquettes, secco,)

Critère 5 : Coût de la biomasse

Critère 6 : Le dynamisme économique de la région

Critère 7 : La présence de groupements organisés et efficaces (groupement villageois, coopératives) qui pourraient prendre en charge l'organisation de la filière.

Critère 8 : L'homogénéité de la zone, la présence et l'intégration des migrants, et l'existence de conflits inter villageois ou ethniques ouverts ou larvés sont également des éléments à prendre en compte pour le choix du site (surtout important pour le choix du site 2 (plantations villageoises ou individuelles d'arbres).

Le choix final des sites est donc le suivant :

site « bois »	Manga
site « Andropogon »	Dano
site « coton »	Houndé

3.1.3 Le choix d'un modèle de filière et la conclusion générale

A l'issue de l'analyse au niveau local, il a été possible de déterminer pour chaque site un ou plusieurs modèles de filière qui convient le mieux à leur contexte.

De manière à déterminer si un projet pilote se justifie et, dans l'affirmative, choisir dans quel site, avec quelles options techniques, agronomiques et organisationnelles, il serait le plus adéquat de le mettre en œuvre, l'équipe à procédé à une analyse comparative entre d'une part les différents modèles et d'autre part, ces modèles et la filière classique (tout fuel).

Pour ce faire, nous avons dans un premier temps réalisé une analyse de la rentabilité économique des différents modèles de filières gaz-électricité et de la filière classique. Cette analyse vise trois objectifs :

1. Une analyse de l'intérêt économique de la filière gaz-électricité par rapport à la filière classique ;
2. Une comparaison de la rentabilité economique des différentes options technologiques de la filière gaz-électricité ;
3. Une analyse de sensibilité des différents paramètres de cette filière.

L'analyse de rentabilité s'est fondée sur trois critères :

- Le coût de revient actualisé, en FCFA/kWh
- L'indice de profitabilité
- Le Pay Back Time

A ce stade de la préfaisabilité, les résultats du tableau suivant montrent que la filière de production d'électricité par gazéification de la biomasse au Burkina Faso peut procurer un gain de 25 à 33% sur le prix du kWh.

En intégrant les conclusions sur les atouts et les contraintes locaux, les résultats des analyses du comportement en gazéification des types de biomasses potentiellement intéressants, et en tenant compte des besoins énergétiques des consommateurs, nous avons été en mesure de retenir des alternatives de filière de conversion de la biomasse en électricité (itinéraires agro-techniques, organisation de la production et de la commercialisation de la biomasse, types d'unité de conversion, mode de gestion de cette unité, ...).

	Production classique	Biomasse utilisée : Coton		Biomasse utilisée : bois	
		Option « dual fuel »	Option « tout gaz »	Option « dual fuel »	Option « tout gaz »
Coût du combustible dans le kWh [FCFA]	**62,8**	**30,3**	**22,2**	**29,3**	**20,9**
Investissement actualisé [kFCFA]	43576	86167	96932	86167	96932
Coût du kWh produit [FCFA]	**81,7**	**61,4**	**56,3**	**60,3**	**55**
Indice de profitabilité	3,3	3,5	3,6	3,6	3,7
Temps de retour du surcoût d'investissement [ans]		3,4	3,4	3,4	3,4