



**BIOÉNERGIE ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE  
ÉVALUATION RAPIDE (BEFS RA)**

**Manuel d'Utilisation**

**CHARBON DE BOIS**



Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

© FAO, 2014

La FAO encourage l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Sauf indication contraire, le contenu peut être copié, téléchargé et imprimé aux fins d'étude privée, de recherches ou d'enseignement, ainsi que pour utilisation dans des produits ou services non commerciaux, sous réserve que la FAO soit correctement mentionnée comme source et comme titulaire du droit d'auteur et à condition qu'il ne soit sous-entendu en aucune manière que la FAO approuverait les opinions, produits ou services des utilisateurs.

Toute demande relative aux droits de traduction ou d'adaptation, à la revente ou à d'autres droits d'utilisation commerciale doit être présentée au moyen du formulaire en ligne disponible à [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request) ou adressée par courriel à [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO ([www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)) et peuvent être achetés par courriel adressé à [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org).

Évaluation Rapide BEFS

# Module Options d'Utilisation Finale de l'Énergie

---

Composante Chauffage et Cuisson

## **Section 1 : Charbon de Bois**

Manuel d'Utilisation

# Remerciements

L'Évaluation Rapide BEFS (BEFS RA) est le résultat d'un effort d'équipe auquel ont contribué les auteurs suivants (classés par ordre alphabétique)<sup>1</sup>: Giacomo Branca (Université de la Tuscia, Viterbo), Luca Cacchiarelli (Université de la Tuscia, Viterbo), Carlos A. Cardona (Université Nationale de la Colombie à Manizales), Erika Felix, Arturo Gianvenuti, Ana Kojakovic, Irini Maltoglou, Jutamane Martchamadol, Luis Rincon, Andrea Rossi, Adriano Seghetti, Florian Steierer, Heiner Thofern, Andreas Thulstrup, Michela Tolli, Monica Valencia (Université Nationale de la Colombie à Manizales) et Stefano Valle (Université de la Tuscia, Viterbo).

Des contributions et des apports ont également été reçus de Renato Cumani, Amir Kassam, Harinder Makkar, Walter Kollert, Seth Meyer, Francesco Tubiello et son équipe, Alessio d'Amato (Université de Rome, Tor Vergata) et Luca Tasciotti.

Nous tenons à remercier le Groupe de Travail sur la Bioénergie et la Sécurité Alimentaire du Malawi<sup>2</sup>, ainsi que le National Biofuels Board<sup>3</sup> et son Groupe de Travail Technique des Philippines pour leur implication dans les essais pilotes de BEFS RA et leur feedback utile. Nous tenons également à exprimer notre gratitude à Rex B. Demafelis et son équipe de l'Université des Philippines de Los Baños pour leur précieux soutien lors de l'essai pilote.

L'Évaluation Rapide BEFS a bénéficié des commentaires fournis lors d'une réunion d'examen par les pairs qui s'est tenue au siège de la FAO en Février 2014 par Jonathan Agwe (International Fund for Agricultural Development); Adam Brown (International Energy Agency); Michael Brüntrup (German Institute for Development Policy); Tomislav Ivancic (Commission Européenne); Gerry Ostheimer (UN Sustainable Energy for All); Klas Sander (World Bank); James Thurlow (International Food Policy Research Institute); Arnaldo Vieira de Carvalho (Inter-American Development Bank); Jeremy Woods (Imperial College, University of London) et Felice Zaccheo (Commission Européenne). Des commentaires utiles ont également été fournis par Duška Šaša (Energy Institute Hrvoje Požar, Zagreb).

En outre, nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à Monique Motty et Ivonne Cerón Salazar pour leur aide dans la finalisation des outils et des documents.

Le travail a été réalisé dans le cadre du projet de l'Évaluation Rapide BEFS (GCP/GLO/357/GER) financé par le Ministère Fédéral Allemand de l'Alimentation et l'Agriculture (BMEL).

---

<sup>1</sup> Sauf indication contraire, tous les auteurs étaient affiliés à la FAO au moment de leur contribution.

<sup>2</sup> Le Groupe de Travail BEFS au Malawi comprend les membres suivants: Ministry of Energy, Ministry of Lands, Housing, and Urban Development, Ministry of Finance, Ministry of Agriculture and Food Security, Ministry of Environment and Climate Change and Department of Forestry, Ministry of Industry and Trade, Ministry of Economic Planning and Development, Ministry of Labour and Vocational Training, Ministry of Transport and Public Infrastructure, Ministry of Information and Civic Education, Ministry of Local Government and Rural Development.

<sup>3</sup> Le National Biofuels Board est présidé par le Secretary of Department of Energy et comprend les membres suivants: Department of Trade and Industry, Department of Science and Technology, Department of Agriculture, Department of Finance, Department of Labor and Employment, Philippine Coconut Authority, Sugar Regulatory Administration.

# Volumes du Manuel d'Utilisation de BEFS RA

- I. Introduction à l'Approche et aux Manuels
  
- II. Module Situation du Pays
  
- III. Module Ressources Naturelles
  - 1. Cultures
    - Section 1 : Production de Cultures
    - Section 2 : Budget de Cultures
  - 2. Résidus Agricoles
    - Résidus de Cultures et Résidus d'Élevage
  - 3. Combustibles Ligneux et Résidus de Bois
    - Section 1 : Exploitation Forestière et Résidus de Transformation du Bois
    - Section 2 : Budget de Plantation de Combustibles Ligneux
  
- IV. Module Options d'Utilisation Finale de l'Énergie
  - 1. Chauffage et Cuisson
    - Section 1 : Charbon de Bois**
    - Section 2 : Briquettes
    - Section 3: Granulés de Bois
    - Section 4 : Biogaz - Petite Échelle
  - 2. Électricité et/ou Chauffage
    - Section 1 : Gazéification
    - Section 2 : Huile Végétale Brute
    - Section 3 : Combustion
    - Section 4 : Cogénération
    - Section 5 : Biogaz - Industriel
  - 3. Transport
    - Éthanol et Biodiesel

## Table des Matières

1	Vue d'Ensemble du Module Option Utilisation Finale de l'Énergie.....	4
2	La <i>Composante Charbon de Bois</i> .....	6
3	Termes et Définitions dans la <i>Composante Charbon de Bois</i> .....	9
4	Champ d'Application et Objectif de la <i>Composante Charbon de Bois</i> .....	10
5	Utilisation de la <i>Composante Charbon de Bois</i> .....	11
5.1	Étape 1: La demande en énergie .....	13
5.2	Étape 2: Définir la matière première.....	14
5.3	Étape 3: La production traditionnelle de charbon de bois existant dans le pays .....	19
5.4	Étape 4: Coût de production et paramètres financiers .....	21
5.5	Étape 5 (Facultative): Calcul du coût de production du charbon.....	24
6	Hypothèses et Limites de la <i>Composante Charbon de Bois</i> .....	25
7	Les Résultats de la <i>Composante Charbon de Bois</i> .....	26
7.1	Vue d'ensemble du calcul des coûts de production (facultatif).....	26
7.2	Les résultats sommaires de la matière première .....	28
7.3	Le résumé des résultats par technologie.....	30
8	Annexe.....	33
8.1	Méthodologie et résultat .....	33
8.1.1	Le calcul des coûts des intrants nécessaires.....	33
8.1.2	Calcul des coûts de main d'œuvre nécessaire.....	33
8.1.3	Calcul des coûts de transports requis.....	34
8.1.4	Le calcul des coûts de stockage.....	35
8.1.5	Calcul des Coûts Fixes.....	35
8.1.6	Calcul des autres coûts .....	36
8.1.7	Le coût total du coût de production et l'unité de calcul de charbon de bois.....	37
8.1.8	Technologies de fours à charbon de bois.....	38
8.1.9	Détails de l'estimation du coût d'investissement.....	42
8.2	Les données requises pour utiliser l'outil.....	47
8.3	Principaux indicateurs financiers et des hypothèses de travail. ....	49
9	Références .....	51

## Liste des Figures

Figure 1: La Structure du Module Utilisation Finale de l'Énergie .....	4
Figure 2: Système de Charbon de Bois pour le Chauffage et la Cuisson dans les Zones Rurales et Urbaines .....	6
Figure 3: Structure des Feuilles "Résultats" du Module Charbon De Bois .....	8
Figure 4: Outil d'Évaluation Rapide pour la Composante Chauffage et Cuisson du Charbon de Bois .....	11
Figure 5: Les Etapes de l'Analyse de la <i>Composante Charbon de Bois</i> et ses Relations avec d'Autres .....	12
Figure 6: La Demande en Energie .....	14
Figure 7: Sélection des Matières Premières .....	15
Figure 8: Calcul du Prix de Matières Premières sur la Méthode de Base de la Collecte et sa Source .....	16
Figure 9: Coût de Stockage de Matières Premières .....	18
Figure 10: La Production Actuelle de Charbon de Bois .....	20
Figure 11 : Calculateur des Coûts de Production du Charbon de Bois à Petite Échelle.....	20
Figure 12 : Calculateur du Coût du Charbon de Bois à Moyenne et Grande Échelle .....	21
Figure 13: Autres Intrants.....	21
Figure 14: Calcul des Coûts de Production .....	24
Figure 15: Détail des Coûts de Production de Charbon par Technologie de Four Sélectionnée .....	27
Figure 16: Résultats pour la Production et un Investissement Durables .....	28
Figure 17: Résultats des Avantages Socio-Économiques .....	29
Figure 18: Résultats Économiques et Financiers - Usine à Petite Échelle .....	30
Figure 19: Structure de la Page des Résultats Comparatifs .....	31

## Liste des Tableaux

Tableau 1 : Exemples de Matières Premières qui Peuvent être Utilisés dans le Système de Charbon de Bois.....	15
Tableau 2 : Estimation du Coût de Stockage.....	18
Tableau 3 : La Structure des Coûts en Pourcentage du Prix du Charbon au Niveau du Marché.....	23
Tableau 4 : Équations des Coûts des Intrants.....	33
Tableau 5 : Équations de Coût du Travail.....	34
Tableau 6 : Équations du Coût de Transport de Matières Premières et Produits de Charbon de Bois.....	34
Tableau 7 : Équations de Coûts de Stockage.....	35
Tableau 8 : Équations de Coûts Fixes.....	35
Tableau 9 : Équations des Autres Frais.....	36
Tableau 10 : Total des Équations des Coûts de Production.....	37
Tableau 11 : Résumé des Technologies de Fours Sélectionnés.....	38
Tableau 12 : Exemples de Technologies des Fours à Charbon de Bois.....	39
Tableau 13 : Estimation du Coût d'Investissement de Différents Types de Fours.....	42
Tableau 14 : Les Matériaux pour le Four du Baril de Pétrole pour le Charbon de Bois.....	43
Tableau 15 : Les Matériaux pour le Four de Casamance.....	44
Tableau 16 : Les Matériaux pour le Four de la Fosse Améliorée Libéria.....	44
Tableau 17 : Les Matériaux pour le Four Portatif en Acier.....	45
Tableau 18 : Matériel Nécessaire pour Monticule Somalie.....	46
Tableau 19 : Matériel pour four Missouri.....	46
Tableau 20 : Les Matériaux pour le four de Ruche standard.....	47
Tableau 21 : Les Données Requises pour Utiliser l'Outil.....	47

## 1 Vue d'Ensemble du Module Option Utilisation Finale de l'Énergie

Comme expliqué dans l'introduction générale du manuel de formation BEFS RA, le module *Options d'Utilisation Finale de l'Énergie* est utilisé pour évaluer la viabilité techno-économique et socio-économique de différentes filières de production de bioénergie. Le module est divisé en trois sous-modules en fonction des options d'utilisation finale: Chauffage et Cuisson, Électricité et/ou Chauffage et Transport. Chacun des sous-modules comprend un choix des composantes à analyser pour évaluer la production de biocarburants spécifiques sur base des technologies de transformations, comme le montre la Figure 1. Ce module est construit à partir de l'information générée dans les modules *Ressources Naturelles* - partie matières premières. Pour une description plus détaillée du module il faut se référer à l'introduction générale du manuel de formation.

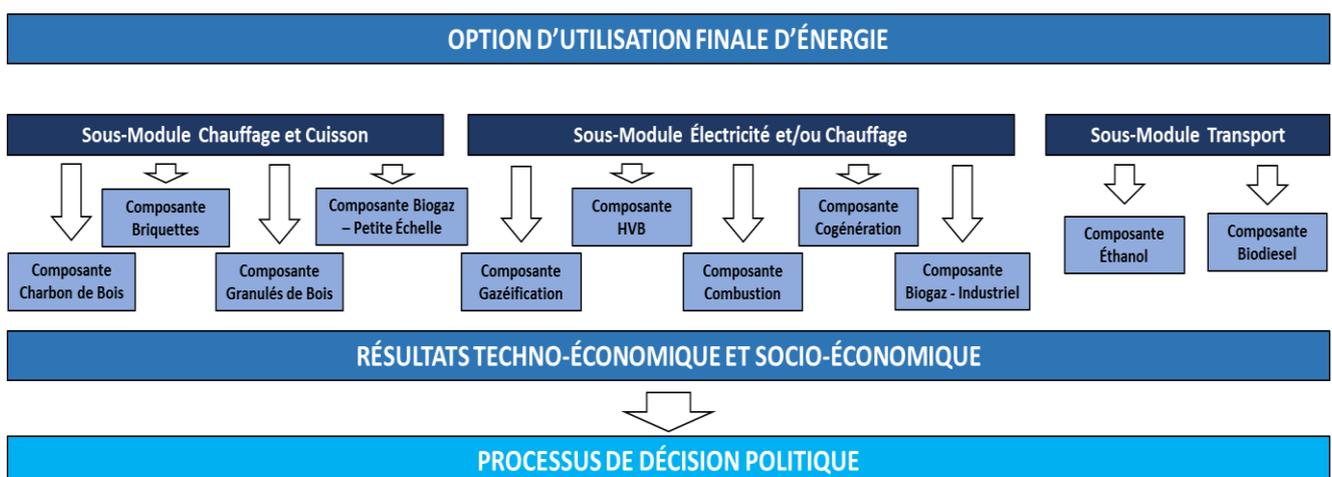


Figure 1: La Structure du Module Utilisation Finale de l'Énergie

Une description générale de chacun des sous-modules et des composantes respectives de l'analyse est présentée ci-dessous. Une discussion plus détaillée sur chacun des volets de l'analyse sera présentée dans le manuel utilisateur.

Le sous-module **Chauffage et Cuisson** est utilisé pour évaluer la viabilité de la production de charbon de bois, briquettes et biogaz. La composante **Charbon de Bois** est utilisée pour comparer les technologies de production de charbon de bois existantes avec les technologies améliorées et plus efficaces. Le but de l'analyse est d'évaluer le coût en capital initial des technologies améliorées, la viabilité financière du point de vue des producteurs de charbon de bois et les avantages sociaux et environnementaux que les technologies améliorées peuvent avoir par rapport aux technologies de production de charbon de bois existantes. Les résultats obtenus par l'analyse renseignent l'utilisateur sur les obstacles potentiels relatifs à l'adoption par les producteurs de technologies de charbon de bois améliorées. La composante **Briquettes/Granulés de Bois** est utilisée pour évaluer le développement potentiel de la production de briquettes afin de fournir de l'énergie destinée au chauffage et à la cuisson dans les ménages ruraux et urbains. L'objectif de l'analyse est de fournir des informations sur le coût de production, les besoins en biomasse, la viabilité financière et les paramètres sociaux pour aider les utilisateurs dans leur décision de promouvoir la production de briquettes dans le pays. La composante **Biogaz – Petite Échelle** est utilisée pour évaluer le développement potentiel de la production de biogaz à partir du bétail au niveau des ménages et des communautés. La composante fournit des informations sur: 1) la quantité de biogaz qui peut être produite sur la base de la disponibilité du fumier, 2) la taille du biodigester nécessaire pour exploiter l'énergie, 3) le coût d'installation de trois types de technologies

de biodigesteur. Ce volet fournit également des paramètres socio-économiques et financiers pour aider l'utilisateur à comprendre les possibilités et les conditions nécessaires au déploiement de la technologie biogaz dans leur pays.

Le sous-module **Électricité et/ou Chauffage** est utilisé pour évaluer la viabilité de l'approvisionnement en électricité à partir de ressources de biomasse locales dans les zones reculées et sans accès au réseau électrique. Le sous-module est composé de trois voies technologiques basées sur la décentralisation de l'électrification, à savoir : la gazéification, l'utilisation d'huile végétale brute (HVB), la combustion, la cogénération et le biogaz - industriel. Les trois premiers outils sont destinés uniquement à l'analyse de la production d'électricité, tandis que les deux derniers outils examinent à la fois la production de chaleur et d'électricité. Les résultats de ce sous-module génèrent des estimations du coût de la production et la distribution d'électricité/chauffage, calcule la viabilité financière de l'électrification et informe sur les résultats sociaux et économiques associés à chaque itinéraire technologique. La composante gazéification analyse la combustion partielle de la biomasse pour produire un mélange de gaz qui est ensuite brûlé dans des moteurs à gaz pour produire de l'électricité. Le volet **Huile Végétale Brute (HVB)** s'appuie sur la composante des cultures agricoles dans le module Ressources Naturelles. Il évalue le potentiel de substitution du diesel par l'HVB dans les générateurs pour produire de l'électricité. La composante **Combustion** évalue la combustion de la biomasse pour produire du carburant qui fait tourner une turbine à vapeur afin de produire de l'électricité. La composante **Cogénération** examine le potentiel de la production simultanée de chaleur et d'électricité à partir d'une source de biomasse, ce qui permet à l'utilisateur d'analyser une usine de production intégrée ou d'analyser le fonctionnement autonome d'un pur réseau électrique. La composante **Biogaz - Industriel** évalue le potentiel de développer une industrie de biogaz pour l'électricité, la chaleur, la cogénération ou le biogaz amélioré. Ceci est fait en utilisant des eaux usées, les matières solides de haute humidité ou de faible humidité ou une combinaison des deux. Toutes les filières technologiques sont basées sur des technologies simples et facilement accessibles qui relativement peuvent être facilement adaptables aux zones rurales éloignées.

Le sous-module **Transport** est utilisé pour évaluer la viabilité de la production de biocarburants liquides pour le transport, à savoir l'éthanol et le biodiesel. L'analyse s'appuie sur les résultats générés par les composants des ressources naturelles en termes de disponibilité des matières premières et sur le budget de la culture. Les outils couvrent l'éthanol et le biodiesel. Dans les sections de l'éthanol, les utilisateurs peuvent évaluer le potentiel de développement de l'industrie de l'éthanol dans le pays. De même, dans la section de biodiesel le potentiel de développement de l'industrie du biodiesel est évalué. Les analyses donnent des résultats sur les estimations de coûts pour la production de biocarburant choisis en fonction de l'origine des matières premières, à savoir les petits exploitants, la combinaison petits exploitants/concessions ou commerciales et selon quatre capacités de production prédéfinies, à savoir 5, 25, 50 et 100 millions de litres/an<sup>4</sup>. Les résultats comprennent également des informations sur la faisabilité économique et les paramètres socio-économiques. Dans cette composante, l'utilisateur a la possibilité d'inclure dans l'évaluation, une analyse des émissions de GES qui couvre l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement des biocarburants sélectionnés.

Une autre option pour les utilisateurs est d'utiliser la **Calculatrice de Prétraitement** avant d'utiliser les outils d'Utilisation Finale d'Énergie<sup>5</sup>. Cela permet à l'utilisateur de calculer les coûts supplémentaires de prétraitement de la biomasse sélectionnée afin d'obtenir les conditions spécifiques requises pour la conversion de la biomasse finale pour l'utilisation finale d'énergie.

---

<sup>4</sup> La sélection des capacités prédéfinies des usines est basée sur une analyse bibliographique; voir le manuel sur le Transport pour plus de détails.

<sup>5</sup> La Calculatrice de Prétraitement peut être utilisée avant d'utiliser les outils d'Utilisation Finale d'Énergie. Les exceptions sont les *Outils Biogaz - Petite Échelle et Transport* car ces outils comprennent déjà le prétraitement.

## 2 La Composante Charbon de Bois

Le développement de filières du charbon de bois efficaces et durables nécessite l'identification et la promotion de solutions viables qui répondent à la production et à la consommation durable du charbon de bois. L'introduction de systèmes de production de charbon de bois améliorés est une option pour améliorer le processus de production et réduire la pression sur les forêts. Dans ce contexte, la *Composante Charbon de Bois* est conçue pour assister l'utilisateur dans l'évaluation des coûts ainsi que l'évaluation des avantages de l'amélioration des technologies de production du charbon de bois et de les comparer à la fabrication charbon de bois traditionnelle. La *Composante Charbon de Bois* donne également à l'utilisateur la possibilité d'évaluer la viabilité des matières premières de substitution des résidus d'exploitation forestière et des produits de résidus de la transformation du bois provenant de la production de charbon de bois. L'utilisateur peut évaluer jusqu'à sept types de fours à charbon de bois améliorés allant de petite échelle à grande échelle à moyen ou de subsistance de technologies semi-industrielles: le baril de pétrole, la casamance, l'amélioration de la fosse Libéria.

Cette partie de l'évaluation rapide BEFS RA a été développée sur base d'une recherche bibliographique approfondie. Les limites du système amélioré de charbon analysé dans l'évaluation rapide BEFS RA sont présentées dans la Figure 2. A noter que l'outil se concentre sur l'évaluation de l'amélioration de la production du charbon de bois. Cependant, en établissant une stratégie pour la promotion des filières charbon de bois durable, d'autres aspects tels que la bonne gestion et la planification de la source d'approvisionnement pour appuyer la production de charbon de bois durable et l'amélioration des économies d'énergie des foyers à charbon doivent également être considérés.

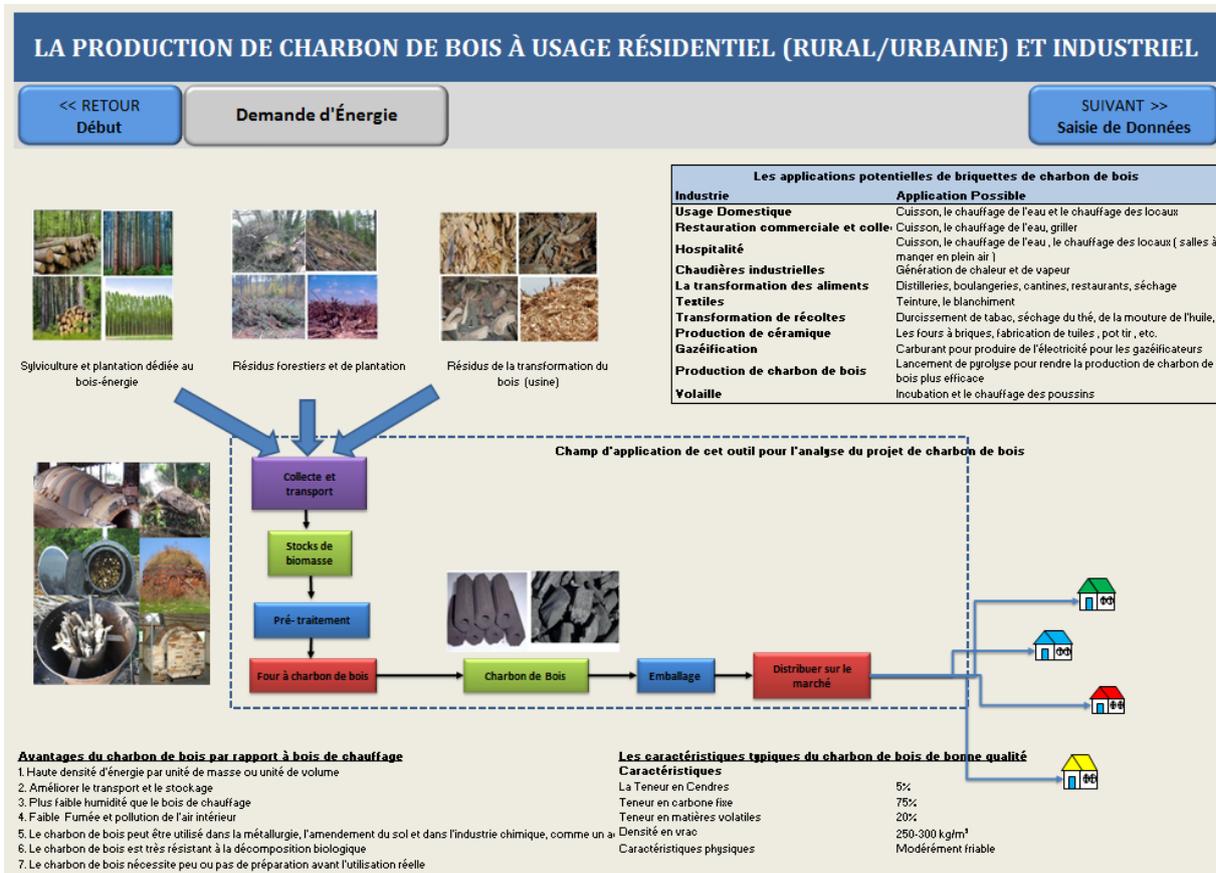
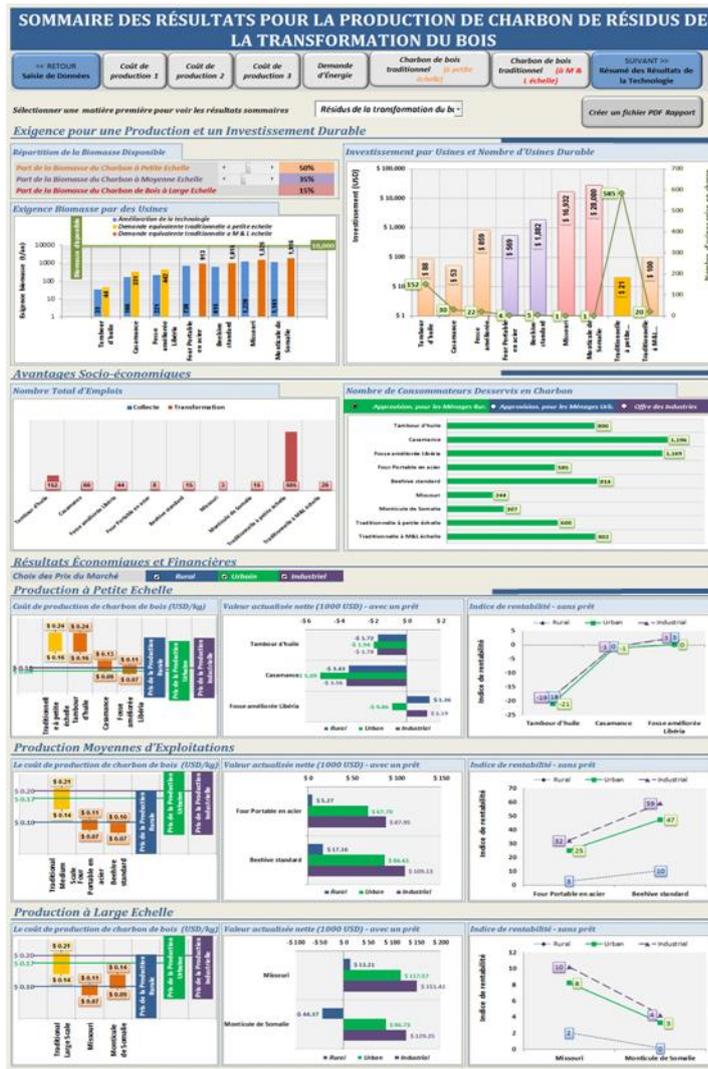


Figure 2: Système de Charbon de Bois pour le Chauffage et la Cuisson dans les Zones Rurales et Urbaines

À la fin de l'analyse, l'utilisateur aura une indication de la biomasse utilisée pour diverses technologies de fours. Elle permettra également d'évaluer la production traditionnelle dans le pays, le coût de l'investissement et de la production, le potentiel de création d'emplois et l'estimation du nombre de ménages qui peuvent être approvisionnés compte tenu de la consommation actuelle d'énergie pour le chauffage et la cuisson, ainsi que la viabilité financière associée à chaque technologie du four comme représenté sur Figure 3. L'utilisateur pourra également effectuer des comparaisons entre différents types de biomasse pour identifier les sources de biomasse les plus appropriées en fonction d'un certain nombre de facteurs, dont la disponibilité physique, économique et les résultats sociaux.



**Résultats Générales par Matières Premières**

**Production Durable et Investissement:** Répartition de la biomasse disponible pour cette matière première, Exigence de la biomasse par usine, Investissement par usine et le Nombre durable des usines

**Avantages Socio-Économiques:** Création de nombre total d'emplois et Total des consommateurs desservis

**Résultats Économiques et Financiers:** Coût de production du charbon de bois, Valeur Actuelle Nette (VAN) et l'Index de Rentabilité – sous trois niveaux de production: *Petite, Moyenne et Grande*

**Comparaison des Résultats par Technologie**

**Production Durable et Avantages Socio-Économiques:** Exigence de la biomasse par matière première pour chaque technologie retenue, Comparaison du nombre durable des usines pour chaque matière première, Nombre de consommateurs fournis avec technologie choisie, Comparaison du potentiel de création d'emplois total de la technologie choisie et Ampleur comparable traditionnelle

**Résultats Économiques et Financiers:** Coût de production du charbon de bois, Valeur Actuelle Nette (VAN) et l'Index de Rentabilité – sous trois niveaux de production: *Petite, Moyenne et Grande*

Figure 3: Structure des Feuilles "Résultats" du Module Charbon De Bois

### 3 Termes et Définitions dans la *Composante Charbon de Bois*

Cette section contient les définitions des termes spécifiques utilisés dans la *Composante Charbon de Bois*. Il est important de comprendre ces définitions et de les prendre en compte tout au long de l'analyse, pour être en mesure d'en interpréter correctement les résultats.

- La production de **charbon de subsistance** se réfère à des petits producteurs pour qui la production de charbon de bois génère des revenus supplémentaires.
- **La production semi industrielle** de charbon se réfère aux producteurs dont l'activité principale est la production de charbon de bois.
- Type de fours à charbon de bois:
  - **Le four à baril de pétrole horizontal de 200 litres** est facile à construire et approprié pour la production de charbon de bois pour les ménages. Il est capable de convertir même les petites branches et les résidus agricoles au charbon de bois, et donne aussi du vinaigre de bois, un sous-produit avec des applications agricoles importantes. La capacité par baril est d'environ 60-80 kg de rendement de bois pour 12-18 kg de charbon de bois (Burnette, 2010). La durée du temps de carbonisation est d'environ 01.03 à 09.04 heures, selon les types et tailles de bois. Le rendement typique de ce four est de 20% (Burnette, 2010).
  - **Le four Casamance** est un four de terre améliorée qui est allumé au centre et le front de la carbonisation avance vers la périphérie. Les longerons organisés radialement et l'espace au-dessous du plateau périphérique assurent un passage constant d'air et de gaz dans la butte. La cheminée d'un côté de la butte favorise un courant d'air descendant très efficace, L'affaissement commence au centre, laissant la chambre autour intacte tout au long de la période de combustion. La durée de combustion (c'est à dire, de temps de cuisson de temps de sceller le four pour le refroidissement) est de huit jours en moyenne (Kimaryo & Ngereza, 1989). Le rendement typique du four Casamance est de 25-30% (Kammen & Lew, 2005).
  - L'installation de **puits de charbon de bois améliorés** et le fonctionnement de ce four consiste à creuser une fosse et l'utilisation d'un couvercle composé de feuilles de métal. Ce four produit du charbon de bois plus rapidement et plus efficacement que les fosses à ciel ouvert méthodes de couverture avec de la terre traditionnelles. Cette méthode ne doit pas être utilisée dans les zones rocheuses où creuser la fosse serait à la fois difficile et prendrait beaucoup de temps (Paddon, 1986). Le couvercle du four est formé à l'aide de trois feuilles en acier qui entourent la fosse. Les extrémités ouvertes de la couverture sont bloqués avec de la boue. Des tubes métalliques sont fixés dans les parois de la fosse afin de fournir 3 entrées d'air, une sortie de fumée, et un évent de dégagement de vapeur pour faciliter l'allumage. Le rendement typique de ce four est de 25-30% (Kammen & Lew, 2005).
  - **Le four en acier portable ou four métallique transportable** est composé de tôles métalliques. Il est facilement et fréquemment démonté et roulé sur le sol de la forêt après l'extraction commerciale du bois, les éclaircies ou les opérations d'ouverture des terres. Cela signifie que le transport très laborieux et coûteux de bois vers un site de traitement centralisé peut être évité (FAO, n.d.-d). Deux hommes expérimentés sont nécessaires pour le fonctionnement du four. Le cycle total de production prend 2-3 jours. L'efficacité du four portatif en acier est de 10%-37% (Kammen & Lew, 2005).
  - **La ruche standard** est entièrement construite en briques, en argile/sable brûlé localement et de mortier en boue. Il ne nécessite aucun acier, sauf quelques barres d'acier plat sur les portes et le renforcement à la base de la coupole dans le cas du four brésilien. Il est robuste et n'est

pas facilement endommagé. Il ne peut pas être facilement endommagé par une surchauffe ; il peut être exposé au soleil et à la pluie sans protection, sans corrosion ou autres effets néfastes et possède une durée de vie utile de 5 à 8 ans. Le temps de carbonisation est de 9 jours avec une production de 5 tonnes par cycle (FAO, n.d.-b). Le rendement typique du four est de 33% (Kammen & Lew, 2005).

- **Le four Missouri** est rectangulaire et en béton équipé de grandes portes en acier. Les grandes portes permettent le chargement et le déchargement du four avec un chargeur frontal ; ce qui réduit considérablement le besoin en main-d'œuvre (FAO, n.d.-b). Typiquement, le volume du four Missouri, est de 180 m<sup>3</sup> et la production de charbon est de 17,6 tonnes pour un cycle de production de 3 semaines (EPA, n.d.). Le rendement en charbon de bois du four Missouri varie entre 20%-33% (Kammen & Lew, 2005; Rautiainen, Havimo, & Gruduls, 2012).
- **Le monticule Somalie** a généralement une capacité variant de 10 et 35 tonnes de bois sec. Le four est construit en empilant le bois en position verticale sur le sol. Le bois est empilé en un monticule circulaire à deux niveaux - haut au centre - avec les gros morceaux qui composent l'étage inférieur. Il est fermé ; e mieux possible et les espaces sont remplis de petits morceaux de bois. Lorsque l'empilement est terminé, le bois est recouvert de feuilles métalliques fabriquées à partir de barils de pétrole vides de 200 litres. Les feuilles sont placées au-dessus de la pile de bois et se chevauchent de sorte que le bord inférieur de l'une se trouve en dessous du bord de la feuille au-dessus. De la terre est placée sur les branches épineuses et le métal, formant un revêtement d'environ 5 cm d'épaisseur. Pour allumer le four, un travailleur grimpe au sommet et enlève une partie de la terre et une partie des feuilles supérieures pour accéder au bois. Le processus de carbonisation prend 4-10 jours, en fonction de la taille du four et l'état du bois (FAO, n.d.-e). Le rendement typique de ce four est de 39-42% (Kammen & Lew, 2005).

#### 4 Champ d'Application et Objectif de la *Composante Charbon de Bois*

L'objectif de la *Composante Charbon de Bois* est d'évaluer : 1) la viabilité techno-économique et socio-économique des technologies de charbon de bois améliorés et de les comparer avec le charbon de bois traditionnel et 2) La composante évalue également l'utilisation d'autres matières premières, les résidus de récolte, les résidus forestiers et de la transformation du bois pour le charbon de bois. L'outil fournit une base technique pour effectuer une analyse techno-économique d'options de carbonisation alternatives pour générer le type de décision que les décideurs politiques doivent prendre par rapport aux améliorations à apporter dans la production de charbon de bois. Il accroît notamment la sensibilisation sur les pratiques actuelles de production et les possibilités d'amélioration de la production. Il fournit également une indication sur les besoins pour permettre aux producteurs de déployer des technologies de «carbonisation» plus efficaces.

La section ci-dessous décrit le déroulement de l'analyse et les options de cette composante. La méthodologie de base pour les analyses de charbon de bois, les hypothèses et les calculs sont décrits en détail en Annexe.

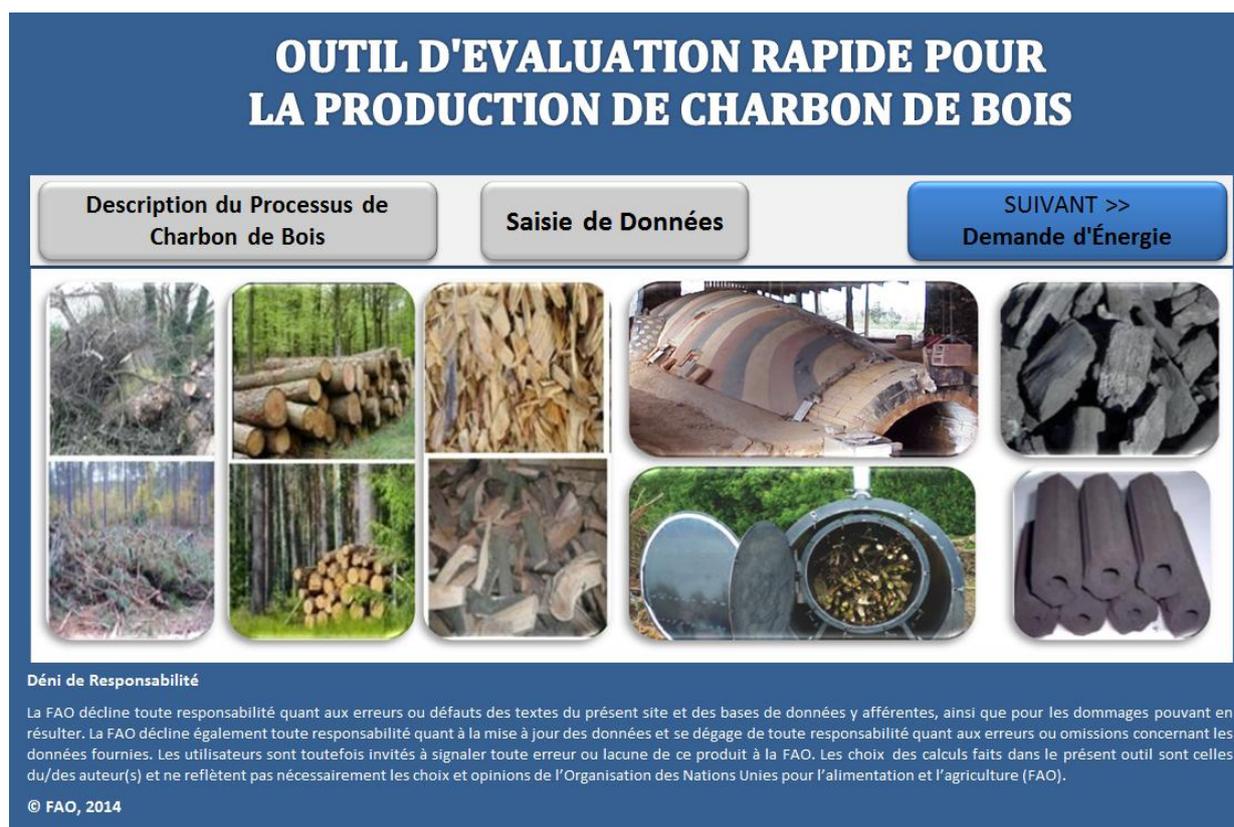


Figure 4: Outil d'Évaluation Rapide pour la Composante Chauffage et Cuisson du Charbon de Bois

## 5 Utilisation de la *Composante Charbon de Bois*

Le déroulement de l'analyse *Composante Charbon de Bois* et sa relation avec les autres composantes sont représentés dans la Figure 5. Une analyse plus détaillée sur la durabilité de la production de la biomasse pour alimenter la production de charbon de bois est nécessaire. Par conséquent, lors de la sélection de la matière première de la biomasse et de la saisie des quantités disponibles, l'utilisateur doit veiller à ce que ces valeurs représentent les ressources durables disponibles dans le pays. De même, l'examen d'autres questions relatives à la filière doit être considéré, en particulier lors de l'interprétation des résultats.

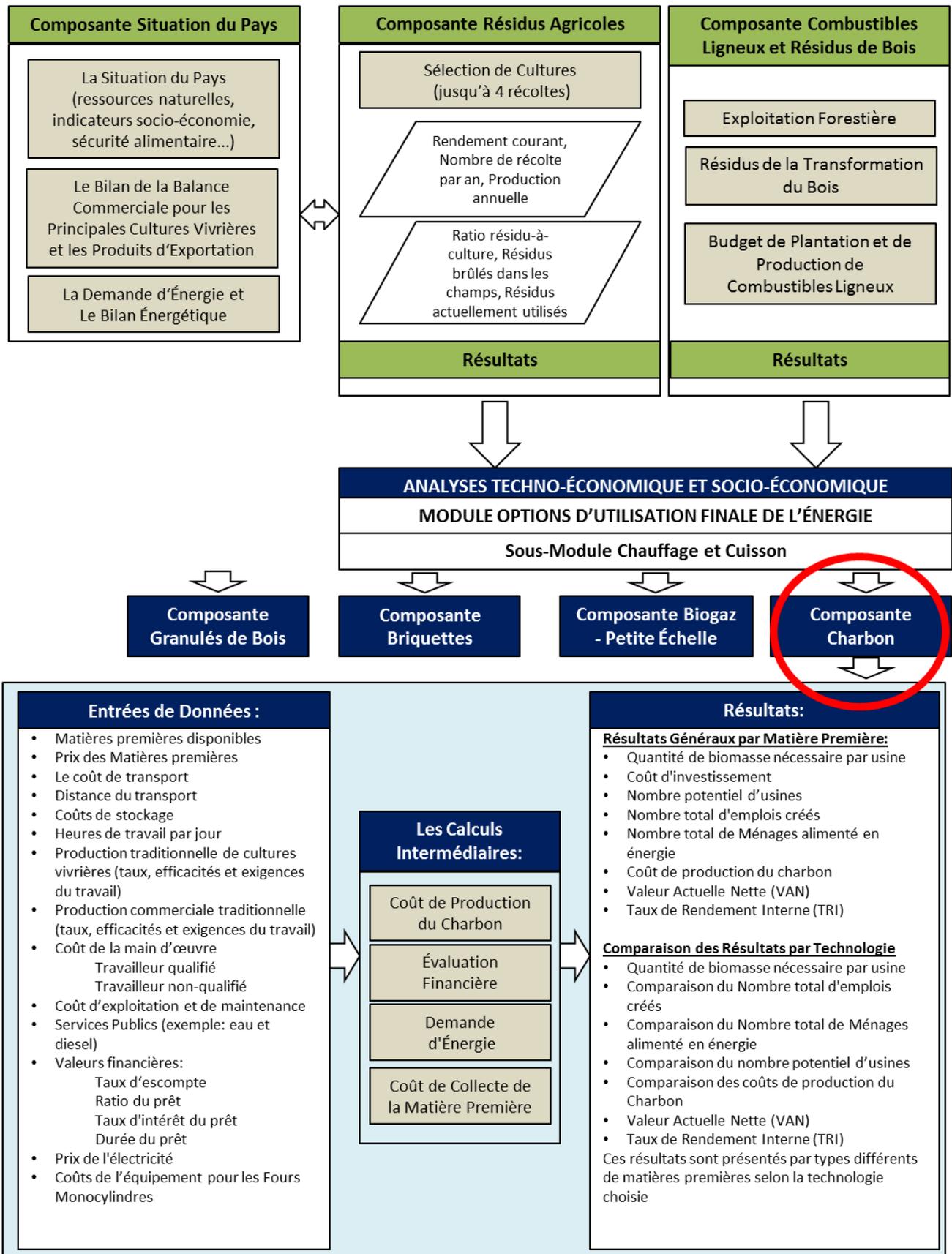


Figure 5: Les Etapes de l'Analyse de la Composante Charbon de Bois et ses Relations avec d'Autres Modules et Composantes BEFS RA

L'utilisateur navigue à travers les options et est invité à saisir les données nécessaires pour obtenir les résultats. Lorsque les données requises sont limitées ou non disponibles, l'utilisateur peut utiliser les valeurs par défaut fournies par l'outil. Les touches de navigation sont situées en haut et en bas de chaque feuille, indiquant l'étape suivante avec le signe "SUIVANT >>" et permettant à l'utilisateur de revenir à l'étape précédente avec la touche "<< RETOUR".

Les sections suivantes décrivent chaque étape de l'analyse en utilisant **un exemple de bois de chauffage et des résidus de l'industrie de la transformation du bois**. Tous les paramètres relatifs aux intrants sont basés sur une situation générique.

## 5.1 Étape 1: La demande en énergie

L'utilisateur entre le prix du marché du bois de chauffage et du charbon de bois, ainsi que la consommation courante par ménage dans les zones rurales et urbaines et par les industries. Ces valeurs sont utilisées pour estimer la dépense énergétique et la consommation de charbon de bois.

Pour exécuter cette analyse, l'utilisateur doit entrer des données sur:

1. Le prix du marché de chaque type d'énergie dans les zones rurales (Figure 6, étiquette 1)
2. La consommation de chaque type d'énergie dans les zones rurales (Figure 6, étiquette 2)
3. Le prix du marché de chaque type d'énergie dans les zones urbaines (Figure 6, étiquette 3)
4. La consommation de chaque type d'énergie dans les zones urbaines (Figure 6, étiquette 4)
5. Le prix du marché de chaque type d'énergie pour les industries (Figure 6, étiquette 5)
6. La consommation de chaque type d'énergie pour les industries (Figure 6, étiquette 6)

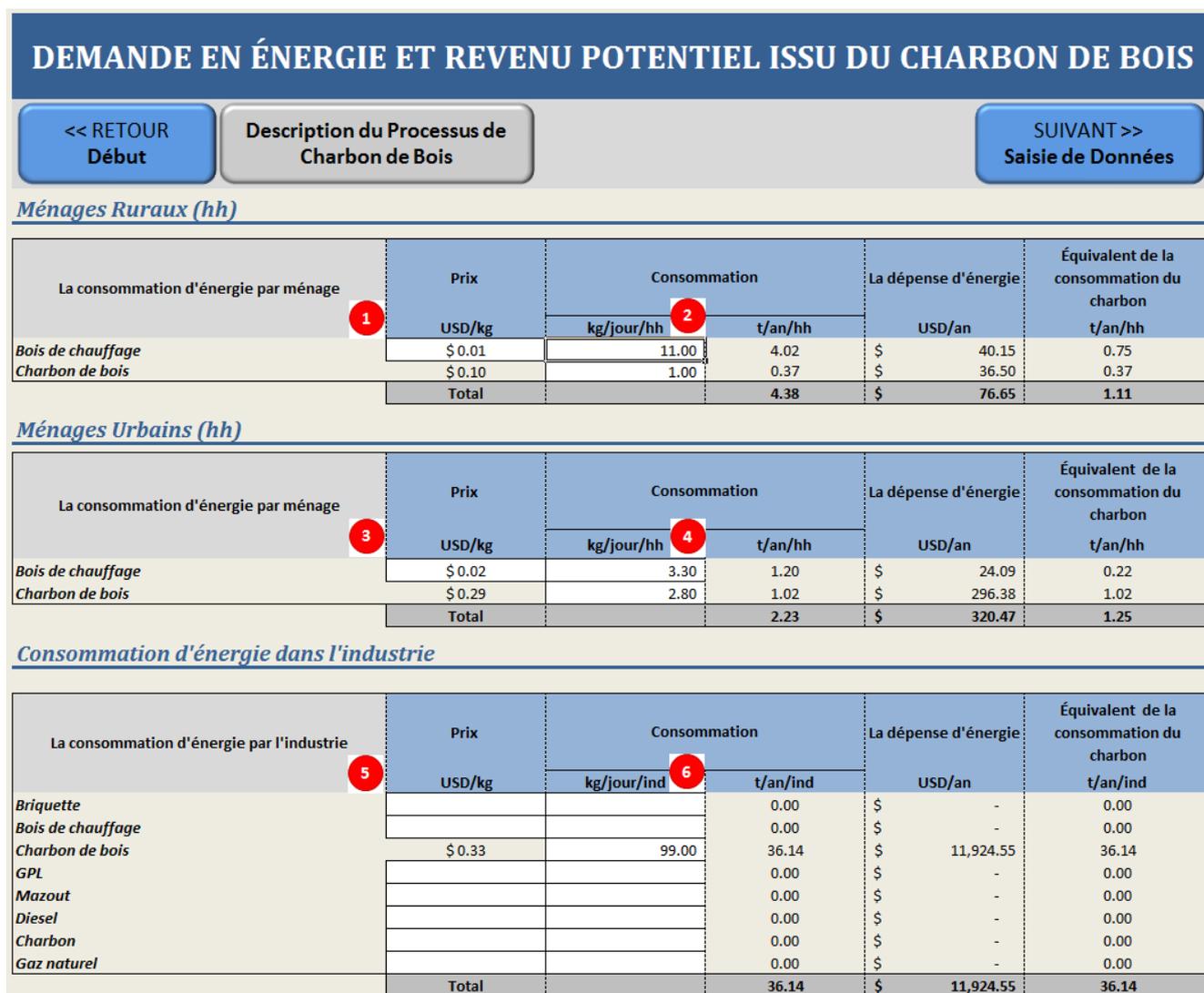


Figure 6: La Demande en Energie

## 5.2 Étape 2: Définir la matière première

### Étape 2.A sélection de la matière première :

Remarque: L'utilisateur doit connaître la provenance de la matière première et en examiner la viabilité.

L'utilisateur doit:

1. Sélectionner dans le menu déroulant la matière première considérée comme biomasse. Les options incluent les briquettes, le bois de chauffage, les résidus de l'exploitation forestière et des résidus de la transformation du bois. Jusqu'à trois matières premières peuvent être analysées en même temps (Figure 7, étiquette 1).
2. Entrer la quantité de biomasse durable disponibles (t/an) (Figure 7, étiquette 2).
3. Saisir la densité de la biomasse de chaque matière première sélectionnée (t/m<sup>3</sup>) (Figure 7, étiquette 3).

**Tableau 1 : Exemples de Matières Premières qui Peuvent être Utilisés dans le Système de Charbon de Bois**

Matière Première	Source	Matière première spécifique qui peut être utilisée
Bois de Chauffage	Sylviculture	Extraction de la forêt naturelle
	Non-forestière	Arbres hors-forêt
	Les Plantations Énergétiques	<i>Acacia spp.</i> , <i>Cunninghamia lanceolata</i> , <i>Eucalyptus spp.</i> , <i>Pinus spp.</i> , <i>Populus spp.</i> (peupliers) et <i>Salix spp.</i> (saules)
Résidus	Résidus Forestiers et de Plantation	Branches, les souches, les racines, etc.
	Les Résidus de l'Industrie du Bois	Les copeaux de bois et d'écorces, etc.
Briquettes	Industrie de briquettes	Pré-transformation des petits morceaux de bois pour les rendre utilisables pour la fabrication de charbon

FICHE DE SAISIE DE PRODUCTION DE CHARBON

<< RETOUR Début
Entrer les Valeurs par Défaut
Effacer les Données

Description du Processus de Charbon de Bois

Demande d'Énergie

Utilisez les cellules blanches pour entrer les données      Les cellules grises sont utilisées pour les calculs

**Disponibilité et Coût des Matières Premières**

	Matières premières 1	Matières premières 2	Matières premières 3
<b>Matières premières disponibles (t/an)</b>	Résidus de l'exploitation forestière	1,000	150,000
<b>Densité de la biomasse (t/m<sup>3</sup>)</b>	Briquettes	0.50	0.50
<b>Prix de matières premières (USD/t)</b>	Aucune Calculatrice	Calculateur de prix pour Résidus 2 de l'Exploitation	Aucune Calculatrice
Utilisez le Calculateur de Prix pour les Résidus de la Récolte	Entrée les données ci-dessous!	Entrée les données ci-dessous!	Entrée les données ci-dessous!
Utilisez le Prix du Marché pour les Résidus de la Récolte	\$ 9.00	\$ 2.00	\$ 5.00
<b>Coût de stockage de matières premières (USD/t)</b>	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 0.55
<b>Période de séchage (jours/mois)</b>	20	22	20
<b>Taux des stocks de sécurité (%)</b>	30%	30%	30%

Coût de production 1

Coût de production 2

Coût de production 3

**Choix de la Technologie du Charbon de Bois**

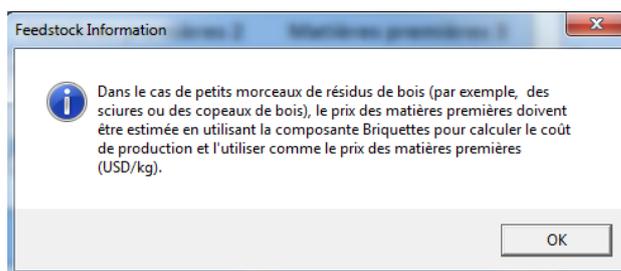
Options à petites échelles	Heures de fonctionnement par jour (max 8)	Jours de fonctionnement par an
Tambour d'huile	Retirer du four	8      300
Casamance	Retirer du four	8      300
Fosse améliorée Libéria	Retirer du four	8      300
<b>Options à moyenne échelle</b>		
Four Portable en acier	Retirer du four	8      330
Beehive standard	Retirer du four	8      330
<b>Options à grande échelle</b>		
Missouri	Retirer du four	8      330
Monticule de Somalie	Retirer du four	8      330

**Figure 7: Sélection des Matières Premières**

Pour cet exemple, la matière première 1 sélectionnée est " Résidus de la transformation du bois ", matières premières 2 "Résidus d'exploitation forestière" et matières premières 3 "Bois de chauffage"

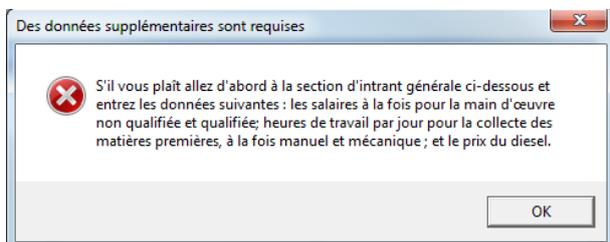
**Étape 2.B Prix de Matières Premières (USD/t)**

1. Si l'utilisateur sélectionne les résidus de bois de chauffage ou la transformation du bois, il aura besoin du prix de ces matières premières. Un texte apparaîtra à ce sujet (Figure 7, étiquette 4).
2. Dans le cas de petits morceaux de résidus de bois (par exemple, sciure ou de copeaux de



bois), il est conseillé de calculer le coût de production et d'utiliser ce prix comme prix des matières premières (USD/kg).

3. Si des résidus d'exploitation forestière sont sélectionnés, l'utilisateur aura deux options :



A. S'il existe un prix courant dans le pays pour cette matière première, l'utilisateur clique sur "prix du marché (transport exclu)" (Figure 7, étiquette 5) et les entrées du prix de la matière première sélectionnée (USD la tonne) dans la cellule correspondante.

B. S'il n'existe pas de prix actuel pour cette matière première, l'utilisateur peut estimer le prix de

la matière première en cliquant sur l'option "Utiliser Le Calculateur de Prix" et en sélectionnant le "Calculateur pour les Résidus D'exploitation Forestière de Prix" (Figure 7, étiquette 6).

L'utilisateur recevra un «avertissement» avant de poursuivre l'utilisation de la calculatrice, et devra entrer:

1. Le salaire de la main-d'œuvre à la fois qualifiée et non-qualifiée dans "**Travail**".
2. Les heures de travail et le prix du diesel dans les lignes correspondantes dans "**collecte de matières premières**".

Le "Calculateur de Prix pour les Résidus D'exploitation Forestière" (Figure 8) aide l'utilisateur à estimer le prix potentiel des matières premières basé sur la méthode de collecte dans la forêt.

**CALCULATEUR DES FRAIS DE PERCEPTION POUR LES RESIDUS D'EXPLOITATION FORESTIERES**

<< RETOUR  
Saisie de Données

<< RETOUR  
Coût de production 2

Cachez cette fiche

---

*Définition de la Collecte de Biomasse*

Les sources de biomasse	Méthode de collecte
<b>Forêt</b>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">                     Semi-mécanisée/ <span style="float: right;">▼</span>  <span style="background-color: #4F81BD; color: white; padding: 2px;">Semi-mécanisée</span> ← <b>1</b>                      Manuel                 </div>

---

*Définition de la Collecte de Biomasse*

Définition de prix de biomasse									
Coût de la main d'oeuvre		Quantité	Unité	Quantité		Unité	Total	Unité	
Nombre de travailleurs qualifiés		10	heure-personne/t	Salaires de la main-d'oeuvre qualifiée	\$ 0.63	USD/heure-personne	\$ 6,300	USD/an	
Nombre de travailleurs non qualifiés		5	heures	Salaires de la main-d'oeuvre non qualifiée	\$ 0.32	USD/heure-personne	\$ 1,600	USD/an	
							<b>Sous-total</b>	<b>\$ 7,900</b>	<b>USD/an</b>
Coût de la machinerie et du fonctionnement		Quantité	Unité	Quantité		Unité	Total	Unité	
Economie moyenne de carburant		1.5	l/h	Prix du carburant	\$ 1.14	USD/l	\$ 17,045	USD/an	
							<b>Sous-total</b>	<b>\$ 17,045</b>	<b>USD/an</b>
							<b>Total</b>	<b>\$ 24,945</b>	<b>USD/an</b>

**Prix de la sélection de Résidus de l'exploitation forestière** ← **4**
**25 USD/t**

Figure 8: Calcul du Prix de Matières Premières sur la Méthode de Base de la Collecte et sa Source

Pour utiliser le prix, l'utilisateur devra:

1. Sélectionner *la méthode de collecte de la biomasse* (Figure 8, étiquette 1) parmi les options suivantes:
  - Manuel
  - Semi-Mécanisée

**Note:** La méthode de collecte peut être identifiée sur la base des pratiques similaires en vigueur dans le pays.

- Entrez les besoins en main d'œuvre (heure-personne/t) (Figure 8, étiquette 2) et les besoins en carburant (litres par hectare) (Figure 8, étiquette 3) associée à la méthode de collecte de la biomasse sélectionnée. Pour retourner à la section précédente, l'utilisateur doit cliquer sur la touche "<<RETOUR Saisie de Données".

**Remarque:** Le besoin en main d'œuvre et en diesel dépendra de la méthode de collecte: manuel et semi-mécanisée.

**Le calculateur va automatiquement générer un prix pour la matière première (Figure 8, étiquette 4) qui est liée à la feuille " Besoin des Saisie de Données " pour des calculs supplémentaires.**

- L'utilisateur devra effectuer les mêmes étapes pour la matière première 2 et 3 si ceux-ci sont également des résidus d'exploitation forestière.

Pour cet exemple, la matière première 2 sélectionnée " résidus d'exploitation forestière " provient de la forêt, la collecte est "semi-mécanisée", le nombre d'homme-heure pour les travailleurs non-qualifiés est de 10, le nombre d'homme-heure pour les travailleurs qualifiés est 5, et la consommation en diesel de la machine est de 1,5 litres par hectare. En conséquence, un prix approximatif de la matière première est calculé à 25USD par tonne (Figure 8).

## Étape 2.C: Coût de stockage (USD/t)

**Étape 2.C.1** L'utilisateur peut saisir les prix actuels de stockage des produits agricoles/forestiers dans le pays comme une approximation. Le prix doit être entré dans la case respective pour chaque matière première (USD/tonne). Si cette information n'est pas disponible, l'utilisateur peut passer à l'étape suivante.

**Étape 2.C.2** L'utilisateur peut déterminer une valeur proxy pour cette valeur, en faisant ce qui suit :

- Identifier un type de stockage probablement associée aux conditions du pays à partir des options présentées dans le Tableau 2.
- Pour l'option de stockage sélectionné, voir le coût prévu de construction dans le Tableau 2.
- Entrez la valeur approximative (USD/tonne) dans la cellule respective pour chaque matière première.

**A noter que cette valeur sera utilisée comme approximation pour le coût de stockage à la fois pour le produit de départ, à savoir la matière première et le produit c'est à dire le charbon de bois.**

**Tableau 2 : Estimation du Coût de Stockage**

Estimer le coût du stockage	Unité	Min	Moyenne	Max
Structure fermée avec plancher à roche concassée	USD/tonne	10	12.5	15
Structure ouverte avec plancher à roche concassée	USD/tonne	6	7	8
Bâche réutilisable sur pierre concassée	USD/tonne	n/a	3	n/a
À l'extérieure sans-protection sur la pierre concassée	USD/tonne	n/a	1	n/a
À l'extérieur sans-protection parterre	USD/tonne	n/a	0	n/a

Source: (EPA, 2007)

Pour cet exemple, toutes les matières premières sont stockées à l'extérieur sans protection sur le sol, avec un coût de 3 USD / tonne (l'utilisateur saisit le coût dans les cellules correspondantes comme le montre la Figure 9, étiquette 7).

FICHE DE SAISIE DE PRODUCTION DE CHARBON

<< RETOUR Début
Entrer les Valeurs par Défaut
Effacer les Données

Description du Processus de Charbon de Bois
Demande d'Énergie

Utilisez les cellules blanches pour entrer les données    Les cellules grises sont utilisées pour les calculs

**Disponibilité et Coût des Matières Premières**

	Matières premières 1	Matières premières 2	Matières premières 3
<b>Matières premières</b>	<small>Résidus de la transformation du bois</small>	<small>Résidus de l'exploitation forestière</small>	<small>Bois de chauffage</small>
<b>Matières premières disponibles (t/an)</b>	10,000	1,000	150,000
<b>Densité de la biomasse (t/m<sup>3</sup>)</b>	0.50	0.50	0.50
<b>Prix de matières premières (USD/t)</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: x-small;"> <span>Aucune Calculatrice</span> <span>Calculateur de prix pour Résidus 2 de l'Exploitation</span> <span>Aucune Calculatrice</span> </div>		
<small>Utilisez le Calculateur de Prix pour les Résidus de la Récolte</small>	Entrée les données ci-dessous!	\$ 24.95	Entrée les données ci-dessous!
<small>Utilisez le Prix du Marché pour les Résidus de la Récolte</small>	\$ 9.00		\$ 5.00
<b>Coût de stockage de matières premières (USD/t)</b>	7	\$ 3.00	\$ 0.55
<b>Période de séchage (jours/mois)</b>	8	20	20
<b>Taux des stocks de sécurité (%)</b>	9	30%	30%

**Choix de la Technologie du Charbon de Bois**

	Options à petites échelles	Options à moyenne échelle	Options à grande échelle
<b>Heures de fonctionnement par an (max 8,760)</b>	10		11
<b>Options à petites échelles</b>			
Tambour d'huile	Retirer du four	8	300
Casamance	Retirer du four	8	300
Fosse améliorée Libéria	Retirer du four	8	300
<b>Options à moyenne échelle</b>			
Four Portable en acier	Retirer du four	8	330
Beehive standard	Retirer du four	8	330
<b>Options à grande échelle</b>			
Missouri	Retirer du four	8	330
Monticule de Somalie	Retirer du four	8	330

**Figure 9: Coût de Stockage de Matières Premières**

**Étape 2.C.3 Période de séchage (jours/mois)**

Le bois fraîchement coupé a une haute teneur en humidité allant jusqu'à 50% (base humide ; il doit être séché pour avoir une teneur en humidité de 18% à 20% avant la carbonisation. L'utilisateur devra définir la période de séchage (Figure 9, étiquette 8) pour chaque type de matière première. La durée de séchage dépend de la teneur initiale en humidité et la taille du bois.

Note : Au moins 4-5 semaines de temps de séchage à l'air est la durée recommandée pour 1,00 m - 1,30 m de longueur avec un diamètre minimum de 0,05 m (FAO, n.d.-c). des bille de bois est de 0,45 m - 0,60 m de long et 0,20 m de diamètre nécessitent au moins 3 semaines de séchage (Paddon & Harker,

### Étape 2.C.4 Taux de stocks de sécurité (%)

L'utilisateur identifie le taux sécuritaire de réserve (Figure 9, étiquette 8) nécessaires pour assurer l'approvisionnement en matière première suffisante, en tenant compte de l'incertitude du rendement de production de biomasse en raison de la disponibilité saisonnière, les inondations, la sécheresse et d'autres facteurs. Ce taux de réserve de sécurité est utilisé pour estimer la capacité de stockage.

Remarque: Ce même taux sécuritaire de stockage est utilisé pour les produits, à l'exception des fours à petite échelle, par exemple le baril de pétrole, le four Casamance et la fosse Libéria amélioré, où une valeur de 10% a été considérée par défaut.

### Étape 2.D Choix de la technologie de charbon

L'utilisateur a la possibilité de sélectionner un ou plusieurs types de fours améliorés pour évaluer la liste de sept technologies de fours améliorés: baril de pétrole, le four Casamance, la fosse améliorée Libéria, four portable en acier, la Ruche Standard, le four Missouri et le Monticule Somalie Monticule. Pour sélectionner la technologie du four, l'utilisateur clique sur "Ajouter le Four" pour ajouter ce four à l'analyse comparative ou cliquer sur "Retirer le four" pour le supprimer (Figure, étiquette 10).

Pour cet exemple, les valeurs indiquées dans la Figure 9 sont utilisées pour effectuer l'analyse.

## 5.3 Étape 3: La production traditionnelle de charbon de bois existant dans le pays

Ce qui suit concerne l'information requise pour les technologies et caractéristiques actuelles:

1. L'utilisateur a d'abord deux options pour fournir cette information (Figure 10, étiquette 1):
  - Si cette information est facilement disponible, l'utilisateur entre dans les cellules respectives (cliquer sur « Propres valeurs »).
  - Si cette information n'est pas disponible, l'utilisateur peut utiliser le calculateur de prix (cliquer sur « Calculateur de prix »).
2. Deuxièmement, l'utilisateur doit sélectionner la taille de l'opération en cliquant sur la case appropriée (Figure 10, étiquette 2). L'utilisateur peut choisir:
  - à petite échelle / subsistance
  - moyenne / grande semi-industrielle
  - ou les deux
3. Si l'utilisateur a choisi d'entrer ses propres informations (Étape 1), il doit saisir l'information dans les cellules appropriées (Figure 10, étiquette 3).
4. Alternativement, si l'utilisateur a décidé d'utiliser les calculateurs de prix, il doit fournir des informations sur la production de charbon de bois traditionnel dans le pays en cliquant sur les boutons appropriés (Figure 10, étiquette 4). Les informations demandées sont: efficacité de la production moyenne, le coût moyen de production et les coûts d'investissement (coût moyen par exemple de l'équipement, les coûts de construction, les coûts d'installation, les frais généraux de l'usine et les frais administratifs).

**Production Actuelle du Charbon de Bois**

Sélectionnez la source de vos données **1**  Propres valeurs  Calculateur de prix

Sélectionnez les échelles qui s'appliquent à votre production **2**  À petite échelle (production de subsistance)  Moyenne et grande échelle (commercial)

**3**

Efficacité moyenne de la production (%)

Taux de production moyen (t / an)

Coût moyen de production (USD / t)

Coût moyen d'investissement (USD)

**4**

Charbon de bois traditionnel -  
calculateur de prix  
(à petite échelle)

Charbon de bois traditionnel -  
calculateur de prix  
(M & L échelle)

Figure 10: La Production Actuelle de Charbon de Bois

Les deux calculateurs nécessitent des données sur les tarifs standards de production, l'efficacité, les exigences du travail et le matériel utilisé (Figure 11 et 12). Une fois ces informations saisies, l'utilisateur peut retourner à la section précédente en cliquant sur la touche “<<RETOUR Saisie des Données”, où tous les renseignements pertinents seront entrés dans les cases respectives et le coût de production sera automatiquement calculé.

**CALCULATEUR DES FRAIS COURANTS DE FABRICATION DE CHARBON DE BOIS**

<< RETOUR Saisie de Données      << RETOUR Calculateur du Charbon de Bois à M & L Echelle      Cachez cette fiche

**Producteurs de Subsistance**

	Unité	Coût de charbon de bois (USD/kg)	
Taux de production standard	1.28 t charbon de bois/an		\$ 0.20
Rendement global	15%		

Activités	Unité	Outils	Coûts	Unité
Collecte et préparation de la biomasse	54 personne-jour	Axe	\$ 5.80	USD/Unité
Construction de four	14 personne-jour	Houe	\$ 3.00	USD/Unité
Operation du four (chargement et déchargement inclus)	26 personne-jour	Machette	\$ 2.50	USD/Unité
Emballage du charbon de bois	6 personne-jour	Pelle	\$ 4.20	USD/Unité
		Râteau à fourche	\$ 5.00	USD/Unité

Figure 11 : Calculateur des Coûts de Production du Charbon de Bois à Petite Échelle

CALCULATEUR DES FRAIS COURANTS DE FABRICATION DE CHARBON DE BOIS			
<input type="button" value="« RETOUR Saisie de Données"/>		<input type="button" value="« RETOUR Calculateur du Charbon de Bois à Petite Échelle"/>	
<input type="button" value="Cachez cette fiche"/>			
Producteurs Commerciaux			
	Unité	Coût de charbon de bois (USD/kg)	\$ 0.17
Taux de production standard	50 t charbon de bois/an		
Rendement standard	20%		
Activités	Unité	Coûts	Unité
Préparation de la biomasse	28 personne-jour	Coût de matières premières	25 USD/t
Construction de four	6 personne-jour	Coût de transport	0.5 USD/t/km
Operation du four (chargement et déchargement inclus)	13 personne-jour	Coût de stockage	3 USD/t
Emballage du charbon de bois	3 personne-jour	Salaire de la main-d'œuvre non qualifiée	0.5 USD/personne-h
Superviser le traitement du charbon de bois	50 personne-jour	Salaire de la main-d'œuvre qualifiée	2 USD/personne-h
Distance de transport (Fs -> Usine)	10 km	Coût d'investissement	100 USD

Figure 12 : Calculateur du Coût du Charbon de Bois à Moyenne et Grande Échelle

Pour cet exemple, les valeurs indiquées sur la Figure 11 et 12 sont utilisées pour effectuer l'analyse.

#### 5.4 Étape 4: Coût de production et paramètres financiers

Les intrants généraux requis pour exécuter les opérations sont présentés dans la Figure 13. L'utilisateur devra saisir les informations sur:

Coût de Production et Paramètres Financiers			
Coût de la main d'oeuvre pour la production à moyenne et grande échelle		Unité	Unité
Ouvrier non qualifié	\$ 0.32	USD/heure-personne	Ouvrier qualifié
			\$ 0.63 USD/heure-personne
Collecte de matières premières		Unité	
Les heures de travail par jour (manuel)	8	h/jour	Les heures de travail par jour (mécanisée)
			18 h/jour
Diesel	\$ 1.00	USD/l	
Coût de transport		Unité	Unité
Matière première (champ au charbon de bois usine de production)	\$ 0.05	USD/t/km	Production de charbon de bois usine de marché
			\$ 1.10 USD/t/km
Stockage de produits à charbon		Unité	
Coût de stockage de charbon de bois	\$ 3.00	USD/t	
Autres coûts			
Frais généraux et administratifs (%)	5%	Les frais généraux de l'usine (%)	10%
		Maintenance (%)	10%
Prix du charbon de bois		Unité	
Prix du marché (zones rurales)	\$ 0.10	USD/kg charbon de bois	Part des prix du marché payé aux producteurs à petite échelle
			30%
Prix du marché (zones urbaines)	\$ 0.29	USD/kg charbon de bois	Part des prix du marché payé aux producteurs de moyennes et grandes
			60%
Prix du marché (industriel)	\$ 0.33	USD/kg charbon de bois	
Paramètres financiers		Matériaux de construction de base pour les fours	
Taux d'actualisation (%)	8%	Brique	\$ 0.10 USD/Unité
Ratio du prêt (%)	90%	Béton	\$ 93.67 USD/m <sup>3</sup>
Taux d'intérêt du prêt (%)	18%	Tambour d'huile (200 liter)	\$ 30.00 USD/Unité
		Fer d'angle pour cadre 40 x 40 x 5 mm	\$ 24.00 USD/Unité
		Tôle (épaisseur 30 mm)	\$ 24.33 USD/m <sup>2</sup>
		<a href="http://www.themetalstore.co.uk/products/mild-steel-sheet">http://www.themetalstore.co.uk/products/mild-steel-sheet</a>	
<input type="button" value="Détails d'investissement"/>			
<input type="button" value="SUIVANT &gt;&gt; Résumé des Résultats de la Technologie"/>		<input type="button" value="SUIVANT &gt;&gt; Résumé des Résultats par Matières Premières"/>	

Figure 13: Autres Intrants

- Coût du travail (USD/heure-personne) :** le taux horaire de travail pour les travailleurs qualifiés et non-qualifiés (USD/heure/personne). Ces paramètres sont nécessaires pour calculer le prix des matières premières (comme expliqué à l'étape 2.B) et le coût du travail des processus de production du charbon de bois.
- Collecte des matières premières :** cette information ne sera inscrite que si le calculateur de prix de la matière première est utilisé, (étape 2.B).

**3. Le coût de transport des matières premières (USD/t/km) :** le coût de transport de la matière première à partir du point de la collecte à l'usine de charbon de bois. L'utilisateur devra:

- Identifier les méthodes actuelles de transport pour acheminer le bois des forêts et des plantations dans le pays.
- Définir les prix de transport actuels liés à la méthode de transport identifiée ci-dessus en USD/tonne/km.

**Conseils:** Si le mode de transport est par personne ou à vélo, il est recommandé d'estimer le coût en utilisant le coût du travail par heure, le temps de travail, la quantité de matière qui peut être transportée et les kilomètres approximatifs qui peuvent être parcourus en fonction de la méthode choisie par l'équation suivante:

Coût de transport (USD/tonne/km)

=  $\frac{\text{Salaires horaires (USD / heure / personne)} \times \text{temps de travail (heures)}}{\text{Distance de transport (km)} \times \text{transport matières premières (tonne / personne)}}$

Autrement, l'utilisateur peut inclure ce coût dans le coût de la collecte de la matière première en ajoutant ce coût au nombre de travailleurs à l'**Étape 2.B** (prix d'estimation de la matière première), puis entrer un coût nul pour le transport de la matière première du point de la collecte à l'usine.

**4. Les frais de transport du charbon de bois (USD/t/km):** Le coût de transport du charbon de bois de l'usine au marché. L'utilisateur devra:

- Identifier les méthodes de transport actuelles pour acheminer les produits agricoles dans le pays.
- Définir les prix de transport actuels liés à la méthode de transport identifiés ci-dessus en USD/tonne/km.

**5. Coût de stockage du produit à charbon de bois (USD/t) :**

Le coût de stockage du charbon de bois est défini par l'utilisateur. L'utilisateur peut saisir le coût de stockage moyen pour les produits agricoles dans le pays. Si cette information n'est pas disponible, des instructions sur la façon d'estimer cette valeur sont fournies ci-dessous.

**Note:** Normalement, le charbon est emballé (30-50 kg par sac) et stocké idéalement dans un hangar.

L'utilisateur sélectionne un type d'exemple de stockage sur pierre concassée réutilisable. Pour chaque méthode de stockage, les chiffres globaux moyens pour les coûts de construction sont fournis dans le

**6. Autres coûts (%) :**

L'utilisateur entre le pourcentage :

- Frais généraux et administratifs,
- Frais généraux de l'usine et
- Maintenance.

Ces paramètres sont utilisés pour estimer le coût de production du charbon.

**7. Prix du charbon sur le marché (USD/kg) :**

L'utilisateur devra également:

- Fournir un prix actuel du marché du charbon de

**Remarque:** On estime que ces coûts ne concernent pas les fours à petite échelle, par exemple le baril de pétrole, le four Casamance et la fosse Libéria amélioré.

bois (USD par kg) (prix payé par les consommateurs) sur les marchés ruraux, urbains et industriels.

- L'utilisateur devra déterminer la part du prix du marché qui est payée aux producteurs à petite échelle, aux moyens et grands producteurs semi-industriels.
- Le Tableau 3 montre quelques exemples sur la distribution des prix de marché le long de la filière. Par exemple, dans le cas du Malawi, la plupart des producteurs de

**Note:** On ne peut considérer comme petits producteurs (généralement des producteurs de subsistance) que ceux qui vendent la plupart du temps sur le site du four. Les producteurs semi-industriels peuvent transporter leur produit sur le marché à proximité et les vendre à des grossistes faisant une partie du prix payé par les consommateurs.

charbon de bois ne reçoivent que 21-33% du prix de vente final (prix du marché), le transport est d'environ 20-25%, la taxe boursière est d'environ 3%, les taxes privées sont autour de 12-20%, tandis que la part des détaillants sont d'environ 24-33%. L'utilisateur peut utiliser cette information pour déterminer le prix payé au producteur de charbon de bois. Dans le cas du Malawi, si le charbon est **vendu sur le site du four** la taxe de 21-33% s'applique. Dans le cas où le charbon est vendu à un autre point, il devrait inclure le coût de transport et doit être référer avec le transport à l'étape 4.

**Le prix du marché du charbon de bois et la part versée aux producteurs est utilisé pour analyser le chiffre d'affaires potentiel total d'un système des technologies de fours de charbon sélectionnés.**

**Tableau 3 : La Structure des Coûts en Pourcentage du Prix du Charbon au Niveau du Marché**

Pays	Malawi	Philippines	Pakistan	Népal	Thaïlande
Revendeurs/Détaillant Urbain/Remballer	24%-33%	19%-35%	12%	8%	46%
Taxes Privés	12%-20%				
Frais du Marché	3%				
Grossiste Urbain		0%-6%	6%		
Transport	20-25%	6%-15%	10%	12%	
Commerçant Rural		11%-30%			
Actionnaire		9%-13%			
Main d'œuvre (Emballage)/Assembleur	0%-6%	0%-7%			
Producteur	21%-33%	30%-53%	33%	79%	14%
Coupeur de Bois/Collecteur			39%		11%
Propriétaire des Terres/De Départ		0%-15%			29%

Source: (FAO-RWEDP, 1996; Kambewa, Mataya, Sichinga, & Johnson, 2007)

**8. Paramètres financiers (%) :**

L'utilisateur identifie les valeurs des paramètres financiers suivants:

- Taux d'actualisation,
- Montant du prêt et
- Taux d'intérêt du prêt.

**Note:** Les conditions du prêt sont supposées être la même que la durée de vie de l'équipement.

**9. Matériaux de construction de base pour les fours :**

L'utilisateur saisit les prix des matériaux de construction commercialisés nécessaires pour construire les fours.

- Brique (USD/unité),
- Béton (USD/m<sup>3</sup>),
- Baril de pétrole (USD/unité),
- Cadre de fer (USD/unité) et
- Feuilles de métal (USD/m<sup>2</sup>).

*Ces valeurs sont utilisées pour estimer le coût d'investissement pour chaque four. A noter que tous les matériaux de constructions ne sont pas associés à un four, mais plutôt, chaque four à des exigences différentes en termes de matériel.*

**5.5 Étape 5 (Facultative): Calcul du coût de production du charbon**

Après avoir saisi toutes les données nécessaires de l'Étape 1 à l'Étape 3, l'utilisateur peut alternativement cliquer sur le bouton "Coût de Production" dans la feuille "Saisie des Données". Cela va amener l'utilisateur à la section de traitement du budget pour la matière première sélectionnée (Figure 14).

**LES COÛTS DE TRANSFORMATION POUR LA PRODUCTION DE CHARBON DE BOIS**

<< RETOUR Saisie de Données      Demande d'Énergie

SUIVANT >> Résumé des Résultats de la Technologie      SUIVANT >> Résumé des Résultats par Matières Premières

Utilisez les cellules blanches pour entrer les données      Les cellules grises sont utilisées pour les calculs

*Résumé des Matières Premières et de Stockage*

Taux des stocks de sécurité	Résidus de la transformation du bois
Matières premières disponibles (t/an)	10,000
Densité de la biomasse (t/m <sup>3</sup> )	0.5
Coût de stockage de matières premières (USD/t)	\$ 3.00
Durée de séchage requis (jours/mois)	20
Taux des stocks de sécurité	30%
Prix de matières premières (USD/t)	\$ 9.00

Masquer les détails des coûts

*Résumé des Technologies Analysées*

Technologie de four à charbon de bois		Tambour d'huile	Casamance	Fosse améliorée Libéria
Heures d'opération par an	h/an	2400	2400	2400
Production annuelle	t/an	7	50	66
L'efficacité maximale de la technologie		20%	30%	30%
Transportation distance	km	10	10	10
Transportation distance	km	25	25	25

Champ -> L'us...      1      Centralisée      10      Centralisée      10      Centralisée

Jsine -> Marché      2      Mobile      25      Centralisée      25      Centralisée

A

B

Analyse Financière Rurale      Analyse Financière Rurale      Analyse Financière Rurale

Analyse Financière Urbaine      Analyse Financière Urbaine      Analyse Financière Urbaine

Analyse Financière Industrielle      Analyse Financière Industrielle      Analyse Financière Industrielle

Figure 14: Calcul des Coûts de Production

Dans cette feuille de calcul, l'utilisateur doit :

1. Saisir des données supplémentaires dans les cellules blanches en particulier:

- **La distance de transport de la matière première à l'usine de charbon de bois:** L'utilisateur estime une distance de transport qui sera nécessaire pour le transport de la matière première en kilomètres (Figure 14, étiquette 1) pour chaque technologie de four sélectionnée. La distance de transport dépend de la disponibilité de la matière première dans une zone particulière et la quantité de matière première nécessaire pour chaque capacité de four.
- **La distance de transport des produits de charbon de bois sur le marché:** L'utilisateur estime en kilomètres, une distance de transport qui sera nécessaire pour le transport du charbon sur le marché pour chaque technologie de four (Figure 14, étiquette 2).

**Note:** Le baril de pétrole consomme moins de biomasse par rapport aux autres options. Par conséquent, la distance de transport peut être plus petite. Le four en acier portable fonctionne où la matière première est disponible, de sorte que la distance de transport est égale à zéro.

**Conseils:** Si le producteur vend sur le site du four, la distance doit être «zéro», l'utilisateur doit alors prendre en compte les choix relatifs au prix de marché.

2. Revoir l'analyse financière en appuyant sur les boutons "Analyse Financière" (Figure 14, étiquette B). Cela va ouvrir la feuille de calcul détaillant l'analyse financière pour chaque technologie de four.

## 6 Hypothèses et Limites de la Composante Charbon de Bois

Avant de commencer l'analyse, l'utilisateur doit se familiariser avec les hypothèses et les limites de l'outil. Par conséquent, il devrait prendre ces limites en considération lors de l'analyse et surtout l'interprétation des résultats.

Les limites de la *Composante Charbon de bois* sont :

1. Sept technologies de fours améliorés sont prises en compte dans cette composante: Casamance, monticule de Somalie, fosse améliorée Libéria, ruche standard, Missouri, four portable en acier et Baril de pétrole.
2. Une seule capacité de production (tonnes par an) du charbon de bois est considérée pour chaque type de four:
  - À petite échelle :
 

- Baril de pétrole	7 tonnes par an
- four Casamance	50 tonnes par an
- fosse améliorée Libéria	66 tonnes par an
  - À moyenne échelle :
 

- Four portable en acier	183 tonnes par an
- Ruche standard	203 tonnes par an
  - À grande échelle :
 

- Missouri	305 tonnes par an
- Meule Somalie	383 tonnes par an

3. Les heures annuelles des travailleurs définies par l'utilisateur dans la section saisie des données de travail incluent le prétraitement du bois (par exemple, la coupe, le séchage, l'empilage, etc.), la construction et/ou l'installation four, le chargement du bois dans le four, le fonctionnement du four, le déchargement du charbon et l'emballage. La collecte de la biomasse est uniquement incluse pour l'option de résidus de l'exploitation forestière, où l'utilisateur aura un calculateur de collecte disponible. En revanche, pour d'autres options de matières premières, on suppose que le coût de la collecte est inclus dans le prix défini par l'utilisateur.
4. La teneur optimale en humidité de la matière première est de 18-20%.
5. L'analyse financière est effectuée en supposant une durée de trois ans pour les technologies à petite échelle et de six ans pour des technologies à moyenne et grande échelles. En conséquence, l'investissement de l'installation a lieu deux fois pour les installations de moyenne envergure comportant une durée de vie de trois ans. Pour la meule Somalie et le four portable en acier, on a choisi l'hypothèse spécifique que l'investissement a lieu au début de la période de fonctionnement de l'usine.
6. Les résultats de trésorerie liés à l'investissement ont lieu l'année avant que l'usine commence à fonctionner.
7. Les conditions de prêt sont égales à la durée de vie de l'usine choisie (à l'exception de la meule Somalie et du four portable en acier).

Les détails relatifs aux hypothèses clés et les équations de calcul, avec une brève discussion sur les limites connexes, sont présentés en Annexe.

## 7 Les Résultats de la Composante Charbon de Bois

### 7.1 Vue d'ensemble du calcul des coûts de production (facultatif)

Après avoir saisi toutes les données nécessaires (étapes 1 à 4), les détails du coût de production pour une analyse supplémentaire sont générés (Figure 14). Trois sections principales sont présentées sur cette feuille (Figure 15).

- **PARTIE 1** (Figure 15, étiquette 1 : elle montre la répartition des coûts de production ainsi que les éléments suivants: les intrants, la main-d'œuvre, le transport des matières premières, le stockage, l'investissement, les frais généraux de l'usine, le coût généraux et administratifs, les intérêts d'emprunt et l'impôt sur le revenu. Les coûts totaux de production (USD/an) des technologies de fours sélectionnés sont également résumés.
- **PARTIE 2** (Figure 15, étiquette 2) : elle montre le coût unitaire de charbon de bois (USD/kg de charbon de bois) pour chaque technologie des fours sélectionnée.
- **PARTIE 3** (Figure 15, étiquette 3) : elle résume les détails relatifs au prêt pour l'analyse financière, par exemple le montant du prêt, les intérêts d'emprunt, le paiement annuel du prêt, etc.

Résumé des Technologies Analysées									
<b>Technologie de four à charbon de bois</b>			Tambour d'huile		Casamance		Fosse améliorée Libéria		
Heures d'opération par an	h/an		2400		2400		2400		
Production annuelle	t/an		7		50		66		
L'efficacité maximale de la technologie			20%		30%		30%		
Transportation distance	km	Champ -> L'usine	10	Centralisée	10	Centralisée	10	Centralisée	
Transportation distance	km	Usine -> Marché	25	Mobile	25	Centralisée	25	Centralisée	
			Analyse Financière Rurale		Analyse Financière Rurale		Analyse Financière Rurale		
			Analyse Financière Urbaine		Analyse Financière Urbaine		Analyse Financière Urbaine		
			Analyse Financière Industrielle		Analyse Financière Industrielle		Analyse Financière Industrielle		
Détails des Coûts de Production									
1									
<b>Capacités</b>									
			7		50		66		
Intrants	Unité	Prix unitaire (USD/Unité)	Quantité (Unité/an)	Total (USD/an)	Quantité (Unité/an)	Total (USD/an)	Quantité (Unité/an)	Total (USD/an)	
Taux des stocks de sécurité	t	\$ 9.00	32.9	\$ 296	165.7	\$ 1,491	220.9	\$ 1,989	
<b>Sous-total</b>				<b>\$ 296</b>		<b>\$ 1,491</b>		<b>\$ 1,989</b>	
Travail et le coût divers	Unité	Prix unitaire (USD/heure-personne)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	
Ouvrier non qualifié	#employé	\$ 0.32	1.0	\$ 768	1.0	\$ 768	2.0	\$ 1,536	
Ouvrier qualifié	#employé	\$ 0.63		\$ -	1.0	\$ 1,512	-	\$ -	
<b>Sous-total</b>				<b>\$ 768</b>		<b>\$ 2,280</b>		<b>\$ 1,536</b>	
Transport des matières premières	Unité	Prix unitaire (USD/t/km)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	
Matières premières (ferme à l'usine)	km	\$ 0.05	10.0	\$ 16	10.0	\$ 83	10.0	\$ 110	
Charbon de bois (usine de marché)	km	\$ 1.10	25.0	\$ 181	25.0	\$ 1,367	25.0	\$ 1,823	
<b>Sous-total</b>				<b>\$ 197</b>		<b>\$ 1,450</b>		<b>\$ 1,933</b>	
Stockage	Unité	Prix unitaire (USD/t)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	
Taux des stocks de sécurité	t/an	\$ 3.00	6.8	\$ 20	51.7	\$ 155	68.9	\$ 207	
Charcoal products	t/an	\$ 3.00	0.7	\$ 2	5.0	\$ 15	6.6	\$ 20	
<b>Sous-total</b>				<b>\$ 22</b>		<b>\$ 170</b>		<b>\$ 227</b>	
Investment	Unité		Amortissement (USD/an)		Amortissement (USD/an)		Amortissement (USD/an)		
Equipment	USD/an		\$ 21.74		\$ 17.69		\$ 260.24		
Bâtiment	USD/an		\$ 5.43		\$ -		\$ -		
Installation	USD/an		\$ 2.17		\$ -		\$ 26.02		
<b>Amortissement de l'investissement total</b>			<b>\$ 29.35</b>		<b>\$ 17.69</b>		<b>\$ 286.27</b>		
Coût de maintenance	10%			\$ 3		\$ 2		\$ 29	
<b>Sous-total</b>				<b>\$ 32</b>		<b>\$ 19</b>		<b>\$ 315</b>	
Autres coûts	Unité	Taux (%)	Specific Taux (%)	Total (USD/an)	Specific Taux (%)	Total (USD/an)	Specific Taux (%)	Total (USD/an)	
Les frais généraux de l'usine	USD		0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	
Coûts généraux et administratifs	USD		0%	\$ -	0%	\$ -	0%	\$ -	
Intérêts du prêt	USD		18%	\$ 10	18%	\$ 6.0	18%	\$ 98	
<b>Sous-total</b>				<b>\$ 10</b>		<b>\$ 6</b>		<b>\$ 98</b>	
			Total (USD/an)	Part (%)	Total (USD/an)	Part (%)	Total (USD/an)	Part (%)	
<b>Total des coûts d'exploitation</b>			\$ 1,283	97%	\$ 5,391	100%	\$ 5,684	93%	
<b>Total des coûts fixes</b>			\$ 32	2%	\$ 19	0%	\$ 315	5%	
<b>Total des autres charges</b>			\$ 10	1%	\$ 6	0%	\$ 98	2%	
<b>Total des coûts de production</b>			<b>\$ 1,326</b>		<b>\$ 5,417</b>		<b>\$ 6,097</b>		
2									
<b>Capacités</b>									
			7		50		66		
			Tambour d'huile		Casamance		Fosse améliorée Libéria		
<b>Coût unitaire du charbon de bois + transport (USD/kg de charbon de bois)</b>			<b>\$ 0.202</b>		<b>\$ 0.109</b>		<b>\$ 0.092</b>		
3									
			Tambour d'huile		Casamance		Fosse améliorée Libéria		
Intérêt moyen des prêts	Unité	Ratio des prêts (%)	Investissement total (USD)	Montant du prêt (USD)	Investissement total (USD)	Montant du prêt (USD)	Investissement total (USD)	Montant du prêt (USD)	
Montant du prêt	USD	90%	\$ 88.04	\$ 79.24	\$ 53.06	\$ 47.76	\$ 858.80	\$ 772.92	
Taux d'intérêt du prêt	%			18%		18%		18%	
Paieement du prêt annuel	USD/an			-\$ 36.44		-\$ 21.96		-\$ 355.48	
La durée du prêt	an			3		3		3	
Le paieement total du prêt	USD			-\$ 109.33		-\$ 65.89		-\$ 1,066.45	
Intérêts du prêt	USD			-\$ 30.09		-\$ 18.14		-\$ 293.53	
<b>Intérêt moyen des prêts</b>	USD/an			<b>-\$ 10.03</b>		<b>-\$ 6.05</b>		<b>-\$ 97.84</b>	

Figure 15: Détail des Coûts de Production de Charbon par Technologie de Four Sélectionnée

Pour l'exemple du résidu de traitement du bois, le coût total de production des technologies de l'huile est de 1,324 USD par an. Le coût unitaire du charbon de bois est de 0.202 USD/kg. La Figure 15 montre trois options qui ont été précédemment sélectionnées.

## 7.2 Les résultats sommaires de la matière première

L'information présentée dans cette section vise à produire de l'information pour mettre en perspective le secteur du charbon de bois dans le pays, les implications de la mise en œuvre de l'amélioration des technologies de traitement du charbon de bois ainsi que les utilisations de la biomasse à partir de résidus de remplacement. Les résultats visent à répondre aux questions suivantes:

- Quelles sont les économies de biomasse qui peuvent être réalisées grâce à la mise en œuvre des technologies plus efficaces de production du charbon de bois?
- Quelles sont les exigences de coûts d'investissement pour les technologies améliorées?
- Quel est le coût de la production améliorée du charbon de bois par rapport aux technologies traditionnelles et comment il se compare au coût de production traditionnelle?
- Quel est l'effet des différentes technologies améliorées de fabrication du charbon de bois sur l'emploi et comment le comparer à la situation avec la technologie traditionnelle?
- Combien d'utilisateurs ménages ou industries, peuvent être approvisionnés selon différents types de fours?

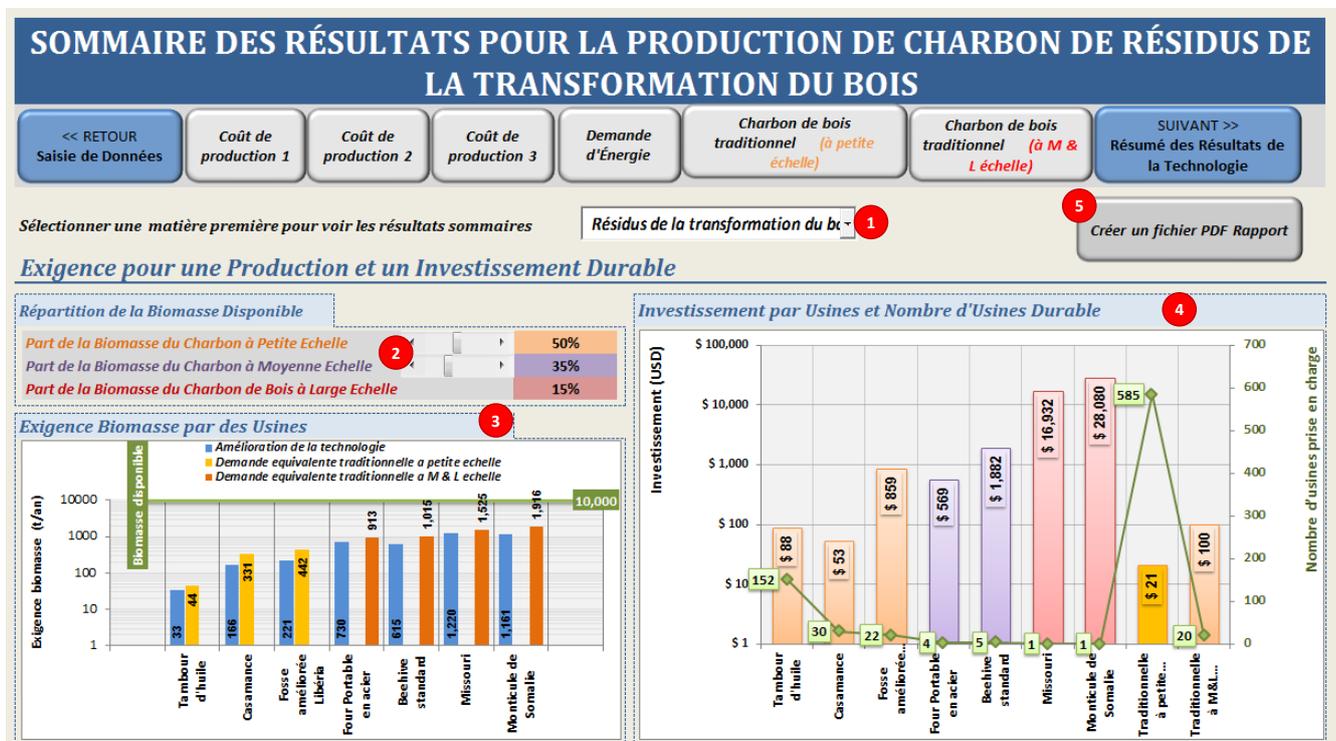


Figure 16: Résultats pour la Production et un Investissement Durables

1. L'utilisateur sélectionne la matière première (Figure 16, étiquette 1) qui doit être analysée à partir du menu déroulant. Les résultats concernant cette matière première spécifique seront ainsi générés.
2. La biomasse disponible pour la matière première sélectionnée doit être répartie selon les échelles de production disponibles (petites, moyennes et grandes) (Figure 16, étiquette 2). Cette décision aura une incidence sur le nombre d'usines qui peuvent être potentiellement approvisionnées par chaque technologie choisie.
3. Inversement, la biomasse disponible pour la charge sélectionnée est comparée à la demande de la biomasse nécessaire pour faire fonctionner chaque technologie (Figure 16, étiquette 3). De plus, ce tableau indique à l'utilisateur la quantité de biomasse nécessaire pour le taux de production de chaque technologie de production améliorée en utilisant une technologie traditionnelle (barres jaunes et oranges). Ces calculs sont basés sur l'efficacité des fours traditionnels et améliorés.

4. Les investissements et le nombre durable d'usines pour chaque technologie retenue sont présentés et comparés avec les technologies traditionnelles (Figure 16, étiquette 4).

Dans cet exemple, on suppose que le secteur du charbon de bois dans le pays est composé de 50% de producteurs à petite échelle, 35% de producteurs à moyenne échelle et 15% de producteurs à grande échelle. Pour produire sept tonnes par an de charbon de bois la technologie baril de pétrole requiert environ 33 t/an. Pour produire la même quantité de charbon de bois en utilisant la technologie traditionnelle, 44 t/an serait requises. En comparant les deux technologies, 11 t / an de biomasse peuvent être économisées en utilisant la technologie d'amélioration baril de pétrole. D'autre part, on se rend compte que le coût d'investissement pour la technologie baril de pétrole est de 88 USD au lieu de 21 USD pour la technologie traditionnelle. Une comparaison similaire peut être effectuée pour les autres technologies, comme le montre la Figure 16.

5. Les avantages socio-économiques de la production du charbon de bois à partir de matières premières sélectionnées sont présentés comme suit:
- Nombre Total d'Emplois (Figure 17, étiquette 1), sur base du nombre durable d'usine pour la matière première sélectionnée (Figure 16, étiquette 4).
  - Nombre total de consommateurs approvisionnés en charbon de bois (Figure 17, étiquette 2) - L'utilisateur peut alterner les résultats de ce tableau dans trois catégories différentes (ruraux, urbains et industries) (Figure 17, étiquette 3).

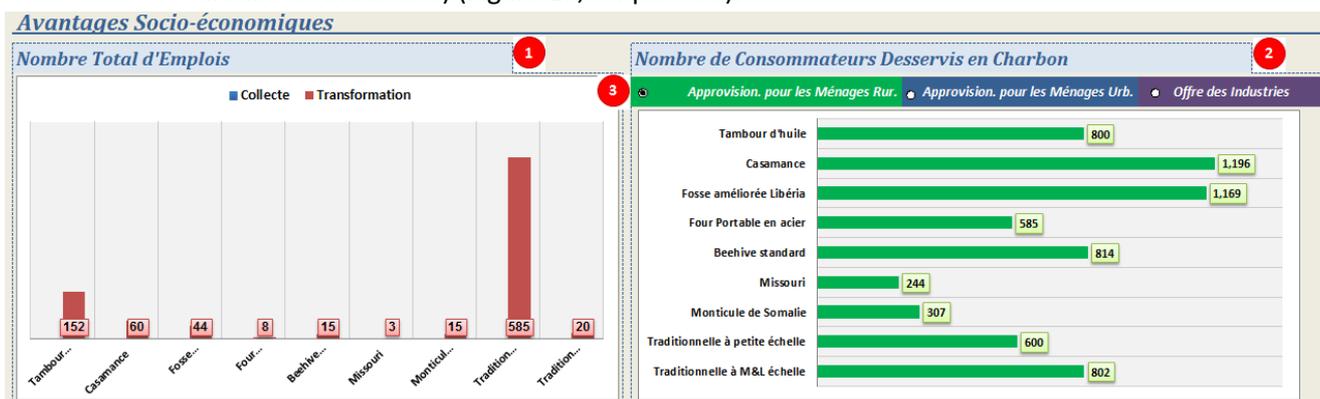


Figure 17: Résultats des Avantages Socio-Économiques

Compte tenu de la biomasse disponible pour l'exemple des résidus de la transformation du bois, 152 emplois au niveau de la transformation de la technologie baril de pétrole peuvent être créés, et 800 ménages ruraux peuvent être approvisionnés. Les technologies traditionnelles peuvent créer 585 emplois (à petite échelle) et 10 emplois (échelle moyenne et grande), et 600 ménages ruraux peuvent être approvisionnés. Pour les autres résultats technologies, se référer à la Figure 17.

6. Les résultats économiques et financiers sont présentés de façon comparative pour trois catégories, comme suit:
- Le coût de production du charbon de bois (Figure 18, étiquette 1),
  - La valeur actuelle nette (VAN) (Figure 18, étiquette 2) et
  - l'indice de rentabilité (Figure 18, étiquette 3).

L'utilisateur peut également choisir le prix de marché (rural, urbain et/ou industriel) montré dans les tableaux en cliquant sur les cases appropriées (Figure 18, étiquette 1).



Figure 18: Résultats Économiques et Financiers - Usine à Petite Échelle

Pour le traitement de résidus de bois, le coût de production de la technologie four portable en acier varie de 0,11 à 0,07 USD/kg. La valeur actuelle nette (VAN) est négative et l'indice de rentabilité inférieur à 1 pour les trois prix de marché considérés, comme illustré dans la Figure 18.

On peut conclure que la production du charbon de bois à partir de résidus de transformation du bois n'est pas rentable à l'aide de cette technologie de four.

### 7.3 Le résumé des résultats par technologie

L'information présentée dans cette section vise à aider l'utilisateur dans le processus de prise de décision pour appuyer le développement de la production de charbon de biomasse dans les zones rurales, urbaines et industrielles, à partir de trois types de matières premières, en comparant une technologie à la fois.

Les résultats visent à répondre aux questions suivantes:

- Quel est le coût de production de charbon de bois pour différents types de matières premières?
- Quelles matières premières ont le plus haut et le plus bas coût de production de charbon de bois?
- Combien d'emplois créés à partir de systèmes de charbon de bois par différents types de matières premières?

**Note:** Ces résultats peuvent aider à identifier le type de matière première et de la technologie du four qui est le plus viable pour la production de charbon de bois.

- Quel type de matière première offre des avantages plus et moins importants?
- Quel type de matière première devrait être encouragé pour la production de charbon de bois?

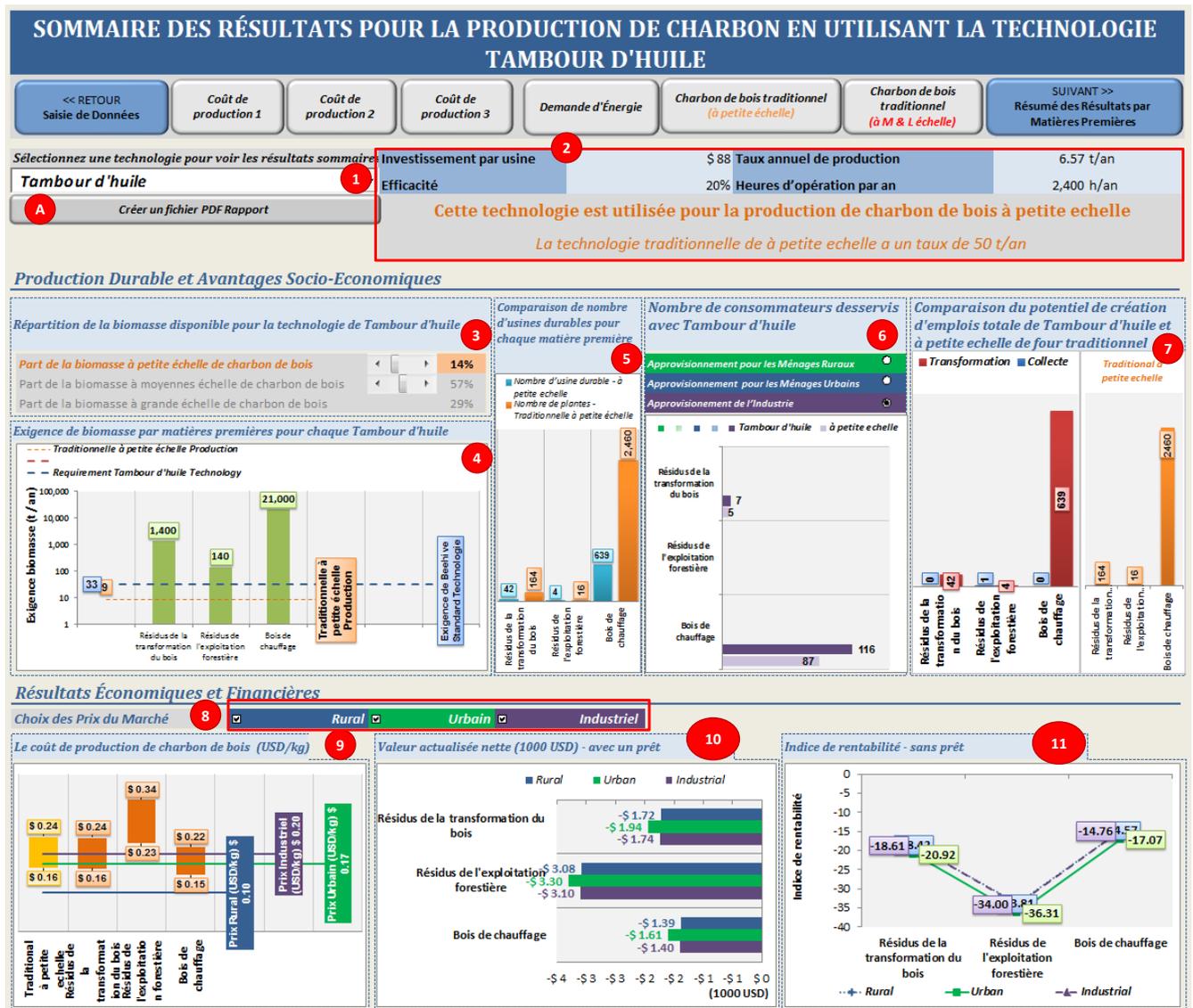


Figure 19: Structure de la Page des Résultats Comparatifs

Les comparaisons des résultats sont présentées pour chaque technologie du four sélectionnée (Figure 19, étiquette 1):

- L'investissement par usine, l'efficacité, le taux de production annuel, les heures de fonctionnement par an, et l'échelle choisie de la technologie de production (Figure 19, étiquette 2).
- La biomasse disponible pour la technologie choisie de distribution, selon l'échelle de production (Figure 19, étiquette 3).
- Les exigences de la biomasse pour la technologie sélectionnée (Figure 19, étiquette 4).
- La comparaison du nombre durable d'usines pour chaque type de matière première (Figure 19, étiquette 5).
- La comparaison du nombre total de consommateurs desservis (technologie choisie vs traditionnelle) (Figure 19, étiquette 6).
- La comparaison du potentiel de création d'emplois totale (technologie choisie vs traditionnelle) (Figure 19, étiquette 7).

- La comparaison des coûts de production de charbon de bois (technologie choisie vs traditionnelle) (Figure 19, étiquette 9).
- La comparaison des coûts de production de la VAN (technologie choisie vs traditionnelle) (Figure 19, étiquette 10).
- La comparaison des coûts de production de l'indice de rentabilité (de technologie choisie vs traditionnel) (Figure 19, étiquette 11).

Pour l'exemple de la technologie de baril de pétrole sélectionnée, toutes les options de matières premières ont suffisamment de biomasse pour soutenir l'offre et la demande. Toutefois, étant donné les différences de taux de production (7 t/an pour de baril de pétrole et 1,28 t/an pour une production à petite échelle traditionnelle), un plus grand nombre d'usine à petite échelle peut être potentiellement construit. Cependant, la technologie améliorée est avantagée lorsqu'on considère le nombre de consommateurs desservis.

Le coût des résidus de la transformation du bois de fabrication est le coût le plus bas. L'utilisation des résidus de récolte forestière fournit le coût de production le plus élevé et une VAN négative pour les marchés ruraux.

## 8 Annexe

### 8.1 Méthodologie et résultat

Cette section décrit les méthodes incluses dans la *Composante Charbon de Bois*. Elle comprend également une description des équations qui appuient l'analyse. Les équations ne sont pas visibles pour l'utilisateur, mais leur structure et leur contenu peuvent être importants pour ceux qui vont les mettre à jour et / ou de travailler sur l'amélioration de l'outil.

#### 8.1.1 Le calcul des coûts des intrants nécessaires

Cette section présente le calcul détaillé utilisé pour déterminer le coût des intrants pour les sept types de fours. Les équations de calcul sont présentées dans le Tableau 4.

**Tableau 4 : Équations des Coûts des Intrants**

Article	Equation et Hypothèse	Remarque
Quantité de matière première (QF)	$QF = \text{efficacité CP} / \text{four}$ où: QF est la quantité de matière première (tonnes par an) CP est la production de charbon de bois (tonnes par an)	
Total des coûts des intrants	$TIC = (QF \times Cf)$ où: TIC est le total coût intrants (USD par an) QF est la quantité de matière première (tonne par an) Cf est le coût unitaire de la matière première (USD par tonne)	
Production de charbon (CP) (tonnes par an)	<u>Petite échelle:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baril de pétrole - 7 tonnes/an</li> <li>▪ Four Casamance - 50 tonnes/an</li> <li>▪ Fosse Liberia Améliorée - 66 tonnes/an</li> </ul> <u>Moyenne échelle:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Four portable en acier - 183 tonnes par an</li> <li>▪ Ruche Standard - 203 tonnes par an</li> </ul> <u>À grande échelle:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Missouri - 305 tonnes par an</li> <li>▪ Meule Somalie - 383 tonnes par an</li> </ul>	(Burnette, 2010; FAO, n.d.-a, n.d.-c, n.d.-e; Kumar & Sarkar, 2009; Rautiainen et al., 2012)
L'efficacité du four (%)	<u>Petite échelle:</u> Baril de pétrole à 20% d'efficacité Four Casamance à 30% d'efficacité Fosse Liberia Améliorée de 30% d'efficacité <u>Moyenne échelle:</u> Four portable acier à 24% d'efficacité Ruche standard à 33% d'efficacité <u>À grande échelle:</u> Missouri, 33% d'efficacité Meule Somalie 42% d'efficacité	(Kammen & Lew, 2005)(Burnette, 2010)

#### 8.1.2 Calcul des coûts de main d'œuvre nécessaire

Les équations et les hypothèses de calcul des coûts de main-d'œuvre basés sur la technologie des fours à charbon de bois sont présentées dans le Tableau 5.

**Tableau 5 : Équations de Coût du Travail**

Article	Equation et Hypothèse	Remarque
Nombre de travailleurs non-qualifiés	<p><u>petite échelle</u></p> <p>Baril de pétrole 1 personne Four Casamance 1 personne Fosse améliorée Libéria 2 personnes</p> <p><u>moyenne échelle</u></p> <p>Four en acier portable 2 personnes Ruche standard 2 personnes</p> <p><u>À grande échelle:</u></p> <p>Missouri 2 personnes Meule Somalie 14 personnes</p>	<p>Les travailleurs non-qualifiés devraient être formés pour assurer le rendement élevé du charbon de bois.</p> <p>Pour le four Casamance, le four portatif en acier, et la meule Somalie, le coût du travail comprend le coût de la construction des fours pour chaque cycle. Ceci est considéré comme un coût variable dans l'analyse financière.</p>
Nombre de travailleurs qualifiés	<p><u>petite échelle</u></p> <p>Baril de pétrole 0 personne Four Casamance 1 personne Fosse améliorée Libéria 0 personne</p> <p><u>moyenne échelle</u></p> <p>Four en acier Portable 0 personne Ruche standard 1 personne</p> <p><u>À grande échelle:</u></p> <p>Missouri 1 personne Meule Somalie 1 personne</p>	
Coût unitaire de travailleurs non-qualifiés (USD / personne-heure)	Les données saisies par l'utilisateur dans "Saisie des Données"	
Coût unitaire de travailleurs qualifiés (USD / personne-heure)	Les données saisies par l'utilisateur dans "Saisie des Données"	
Heures d'opération par an	Les heures par an pour toutes les technologies de fours sont définies comme le résultat d'heures par jour et de jours par année de fonctionnement que l'utilisateur a défini	
Coût total de l'ouvrier non-qualifié (USD par an)	Le coût unitaire de travailleurs non-qualifiés x nombre de travailleurs non-qualifiés x heures de fonctionnement par an	
Coût total des travailleurs qualifiés (USD par an)	Le coût unitaire de travailleurs qualifiés x nombre de travailleurs qualifiés x heures de opération par an	
Coût total de la main d'oeuvre (USD par an)	Le coût totale de la main d'œuvre + coût total des travailleurs qualifiés	

### 8.1.3 Calcul des coûts de transports requis

Les équations utilisées pour calculer les coûts de transport sont présentées dans le Tableau 6.

**Tableau 6 : Équations du Coût de Transport de Matières Premières et Produits de Charbon de Bois**

Item	Equation et Hypothèse	Remarque
Transport des matières premières (point de collecte à l'usine) (USD par an)	<p><math>UTC1 \times \text{la distance de transport} \times QF</math></p> <p>où:</p> <p>QF est la quantité de matière première (tonne par an) UTC1 est le coût unitaire de transport de la matière première (USD/tonne/km)</p>	<p>QF est calculé dans le Tableau 4.</p> <p>La distance de transport est entrée par l'utilisateur dans «budget de traitement» (km)</p>

Transport du charbon de bois (usine de marché) (USD par an)	UTC2 x la distance de transport x QP où: QP est la quantité de produit (tonne par an) UTC2 est le coût unitaire de transport du charbon de bois (USD/tonne/km)	QP est définie dans le Tableau 4.  La distance de transport est entrée par l'utilisateur dans «budget de traitement» (km)
---	---	---

### 8.1.4 Le calcul des coûts de stockage

Les équations utilisées pour calculer les coûts de stockage sont indiquées dans le Tableau 7.

**Tableau 7 : Équations de Coûts de Stockage**

Item	Equation et Hypothèse	Remarque
Capacité de stockage de la matière première (tonne/an)	$[QP \times 8 \text{ heures / jour}] \times [1 + \text{taux du stock de sécurité (\%)}] \times \text{jours de séchage} \times 12 \text{ mois / heures de fonctionnement par an}$  où: QP est la quantité de charbon produit (tonne par an)	L'option d'acier portable ne nécessite pas de stockage. L'usine de four est construite au point de collecte.  QP est définie dans le Tableau 4.
Les frais de stockage des matières premières (USD par an)	Capacité de stockage x coût unitaire de stockage	Entrée de coût de stockage de l'unité de traitement de l'utilisateur dans "Saisie de Données" (USD/tonne)
Capacité de stockage de produit (tonne / an)	Taux des stocks de sécurité x quantité de charbon à produire	Le taux de stock de sécurité pour le baril de pétrole, de la Casamance et Fosse améliorée Libéria est de 10%.
Les frais de stockage des produits de charbon de bois (USD par an)	coût unitaire de stockage x capacité de stockage du produit	

### 8.1.5 Calcul des Coûts Fixes

Les coûts fixes sont constitués des coûts d'équipement, les coûts de construction et les coûts d'installation. Les équations utilisées pour calculer les coûts fixes et l'amortissement associé sont présentées dans le Tableau 8.

**Tableau 8 : Équations de Coûts Fixes**

Item	Equation et Hypothèse	Remarque
Le coût des équipements i (USD)	$\Sigma(UMC_i \times MQ_i)$  Où : UMC est le coût unitaire du matériel (USD / unité). MQ Quantité de matériel (unités) i est la technologie de four	Les unités UMC et MQ changent en fonction du type de matériau. Elles sont définies dans les "saisie de données".  L'utilisateur peut vérifier les détails sur les quantités et les hypothèses utilisées pour MQ dans la section 8.1.9.  Dans l'outil charbon de bois, en cliquant sur le bouton de l'investissement dans "saisie de données" des résultats supplémentaires sur la fourniture et les coûts du matériel sont présentés.
Coût de construction i (USD)	Le coût des équipements i (USD) * Construction Pourcentage (%) / (1 + Pourcentage bâtiment (%))	L'utilisateur peut vérifier les détails sur les hypothèses utilisées pour la construction de coût dans la section

	Où $i$ est la technologie de four	8.1.9. Des résultats supplémentaires sur la fourniture de matériel et les coûts sont présentés en cliquant sur le bouton de l'investissement dans la saisie de données
Les coûts d'installation $i$ (USD)	Le coût des équipements $i$ (USD) * Pourcentage d'installation (%) où $i$ est la technologie de four	L'utilisateur peut vérifier les détails sur les hypothèses utilisées pour le coût d'installation dans la section 8.1.9. Des résultats supplémentaires sur la fourniture de matériel et les coûts sont présentés en cliquant sur le bouton de l'investissement dans la saisie de données
Équipement Amortissement $i$ (USD par an)	Le coût des équipements $i$ (USD par an) / durée de vie $i$ où $i$ est la technologie de four	Méthode de calcul de l'amortissement linéaire
Bâtiment Amortissement $i$ (USD par an)	Coût de construction $i$ (USD par an) / temps de la vie $i$ où $i$ est la technologie de four	Méthode de calcul de l'amortissement linéaire
L'amortissement de l'installation $i$ (USD par an)	Les coûts d'installation $i$ (USD par an) / temps de la vie $i$ où $i$ est la technologie de four	Méthode de calcul de l'amortissement linéaire
Amortissement de l'investissement total $i$ (USD par an)	Équipement Amortissement $i$ + Bâtiment Amortissement $i$ + Installation Amortissement $i$	Méthode de calcul de l'amortissement linéaire
Le coût d'entretien $i$ (USD par an)	10% du total des amortissements $i$	

### 8.1.6 Calcul des autres coûts

Cette étape présente les équations pour calculer les frais généraux de l'usine, les frais généraux et administratifs, le paiement des intérêts moyens du prêt et l'impôt des sociétés (Tableau 9).

**Tableau 9 : Équations des Autres Frais**

Item	Equation et Hypothèse	Remarque
Frais généraux d'usine $i$ (USD par an)	pourcentage de frais généraux d'usine (%) x (coût total du travail $i$ + coût d'entretien $i$ )	Le pourcentage des frais généraux d'usine (%) est défini dans "la Saisie de Données" On suppose que ce concept s'applique uniquement aux technologies de taille moyenne et grande (four portable en acier, Ruche Standard, Missouri et meule Somalie).
Coût général et administratif $i$ (USD par an)	pourcentage des coûts administratifs et généraux (en%) x (total des coûts des intrants $i$ + coût total du travail $i$ + coût d'entretien $i$ + frais généraux usine $i$ )	Frais généraux et administratifs en pourcentage des coûts (%) qui est défini par utilisateur dans "la saisie de données" On suppose que ce concept s'applique uniquement aux technologies de taille moyenne et grande (four portable en

		acier, ruche standard, Missouri et meule Somalie).
Intérêts d'emprunt $i$ (USD par an)	<p>Montant du prêt <math>i</math> = taux de prêt (%) x coût total de l'investissement <math>i</math></p> <p>Paie ment du prêt <math>i</math> (USD / mois) = PMT ([Prêt intérêt rate/12], [12x Durée du prêt], montant <math>i</math> de prêt)</p> <p>Paie ment du prêt annuel <math>i</math> = paie ment de prêt <math>i</math> (USD / mois) x 12 mois</p> <p>Le paie ment total du prêt <math>i</math> = durée du prêt rembourse ment de prêt annuel <math>i</math></p> <p>Intérêts d'emprunt paie ment <math>i</math> = paie ment total du prêt <math>i</math> - Montant du prêt <math>i</math></p> <p>Montant moyen de paie ment d'intérêt <math>i</math> = intérêt du paie ment du prêt <math>i</math> divisé par la durée de vie de l'entreprise</p>	PMT est fonction financière dans Microsoft Excel pour le calcul du paie ment d'un prêt basé sur des verse ments fixes et un taux d'intérêt constant.

### 8.1.7 Le coût total du coût de production et l'unité de calcul de charbon de bois

Les équations utilisées pour calculer les coûts totaux d'exploitation, les coûts fixes totaux, les autres coûts totaux de charbon de bois, le coût annuel total de la production et les coûts unitaires de production par kg sont présentés dans le Tableau 10.

**Tableau 10 : Total des Équations des Coûts de Production**

Item	Equation et Hypothèse	Remarque
Total des coûts d'exploitation $i$ (USD par an)	coûts annuels des intrants $i$ + coût annuel du travail $i$ + coût du transport annuel $i$ + coûts annuels de stockage $i$	
Total des frais fixes $i$ (USD par an)	Dépréciation Totale $i$ + $i$ annuelle des coûts d'entretien	
Total des autres coûts $i$ (USD par an)	frais généraux annuels de l'usine $i$ + coût annuel général et administratif $i$ + intérêts annuel d'emprunt $i$	
Coût total de la production annuelle $i$ (USD par an)	Total des coûts d'exploitation $i$ + frais fixes annuels $i$ + Total des autres coûts $i$	
Le coût de production par kg $i$	Coût total de production $i$ divisée par la production de charbon de bois	

### 8.1.8 Technologies de fours à charbon de bois

Le résumé des technologies de fours sélectionnés est présenté dans les Tableau 11 et 12.

**Tableau 11 : Résumé des Technologies de Fours Sélectionnés**

Technologie Four	Taille de Four	Production de Charbon de Bois par Cycle	Efficacité du Four	Cycle de Fonctionnement	Production estimée/jour	Estimer la Production/an *	Durée de Vie du Four
	m <sup>3</sup>	Tonnes	%	Jours	Tonnes par jours	Tonnes par année	
Baril de pétrole	0.2	12-18 kg	20%	14-26 heures	0.02	7	3 ans
Casamance	8	1.1 tonnes	30%	8 jours	0.14	50	3 années de cheminée
Fosse améliorée Libéria	8	1.1 tonnes	30%	5-6 jours	0.18	66	3 ans
Four portable en acier	7	1-1.5 tonnes	24%	2-3 jours	0.50	183	3 ans
Ruche standard	49	5 tonnes	33%	9 jours	0.56	203	6 ans
Missouri	180	17.6 tonnes	33%	21 jours	0.84	306	6 ans
Meule Somalie	22	4.2	42%	4-10 jours	1.05	383	1,5 mm de tôle présente 5 cycles et 2,5 tôles mm a 15 cycles

\* Estimation de la production annuelle de charbon de bois sur base du cycle de fonctionnement de chaque type de four.

Tableau 12 : Exemples de Technologies des Fours à Charbon de Bois

Type de Four	Processus de Production	Source de chaleur	Capacité (tonnes/an)	Coût Total du Capital (2008 C\$)	Le coût en Capital par Tonne	Durée de Vie de Four	Nombre de Fours	Capacité d'une cuve	Poids Spécifique du bois (sec)	Teneur en humidité du bois	Rendement de production du charbon de bois	Temps moyen de production d'une cuve	Références
					(2008 C\$)			m3 s bois par cuve	tonne/m3	% base mouillée			
Usine de carbonisation à cornue double (2 unités)	Système semi-continu	Gaz et combustible de chauffage interne	900	712,100	79.1	10 ans	1 et 2 cuves	3	0.5	50%	33%	Carbonisé 12 heures + 20 heures. pour les refroidissement	(Reurerman & Frederiks, 2002)
Four Euro	Système semi-continu	gaz et combustible de chauffage Interne	840		0.0		2 cuves	1 tonne de charbon		variés	n.a.	40-48 heures de cycle de production	(Rautiainen et. al., 2012)
Wagon Cornue (tunnel)	Système semi-continu	Interne					1 tunnel				n.a.		(Rautiainen et. al., 2012)
O.E.T Tunnel Cornue Calusco	Système semi-continu	Gaz de chauffage externe et recyclé	6000		0.0		1 tunnel, 45 m. long				n.a.	25-35 heures de cycle de production	FAO, 2008
Four Cornue-Adam	Lot	Gaz de chauffage externe et recyclé	47	800	3.4	5 ans					34%	Carbonisées 12 h + 12 h pour le refroidissement	(Biocoal, 2009) (Adam, 2009)
four portable en acier (Retort )	Lot	Interne	2,721	1,255,535	461.4	3 ans					24%		(FAO, 1985)
Mark V four portable	Lot			5,000				300-400kg			20-25%		UNCHS/HABITAT; 1993
Cornue	Lot	Interne	14,512	3,138,840	216.3						26%		(FAO, 1985)
Four à Fosse de Terre	Lot	Interne	17	480	28.2						20.45%	Carbonisation 5-10 jours	(Pari et al., 2004)
Four à Fosse améliorée Libéria	Lot	Interne									30%	Carbonisation 48 heures et refroidissement 3 jours	Padon., 1986

Type de Four	Processus de Production	Source de chaleur	Capacité (tonnes/an)	Coût Total du Capital (2008 C\$)	Le coût en Capital par Tonne (2008 C\$)	Durée de Vie de Four	Nombre de Fours	Capacité d' une cuve	Poids Spécifique du bois (sec)	Bois de teneur en humidité	Rendement de l'efficacité du charbon de bois	Temps moyen de production d'une cuve	Références
								m3 s bois par cuve	tonne/m3	% base mouillée			
Four à Fosse de Terre	Lot	Interne	37	825	22.3								(FAO, 1983)
Four Yoshimura	Lot	-	16	760	47.5						26.40%	10 Jours de carbonisation	(Pari et al., 2004) Ando et al., n.d.
Four plat	Lot	Interne	31	825	26.6						16.60%	2-3 Jours de carbonisation	(Pari et al., 2004) Ando et al., n.d.
Four plat	Lot	Interne	72	3,055	42.4								(Okimori et al., 2003)
Four de fabrication de bloc de maçonnerie	Lot		11	310	28.2								(Dionco-Adetayo, 2001)
Four à briques	Lot	Interne	126	1,470	1.9	6 ans							(FAO, 1985)
Four Argentine mi-orange ou à ruche de briques	Lot	Interne				5-8 ans	1 Four à Briques	30 tonnes de bois séché à l'air	0.85	25%	27%	13-14 jours du cycle de production de 9-10 tonne de charbon	(FAO, 1983)
Four de ruche Brésilienne	Lot	Interne	203	2,450	2.0	6 ans	1 Four à Briques				33%	9 jours de 5 tonnes de charbon	(FAO, 1983)
Four Missouri (béton et acier)	Lot	Externe	305	7,714		6 ans	1 Four à Briques	180 m3 de Charbon			20-33%	3 semaines de cycle de production	Rautiainen et. al., 2012 and Kammen and Lew, 2005
Four Lambiotte	Continu (il a été fermé en 2002)	Gaz et combustible de chauffage interne	7,300	1,600,000	11.0	20 ans				<25%, à environ 10 mm. de taille			(Herla, 2008) and (Rautiainen et. al., 2012)
Four à Baril	Lot		3	54	18.0	n.a.					20.7%	1 Jour de carbonisation	(Pari et al., 2004) Ando et al., n.d.
Baril à pétrole 200 Litres	Lot	Externe	5	28	1.9	3 ans		60-80 kg de bois			20%	varie selon le type et la taille de biomasse , Max. 9 heures par lot	(Burnette, 2010)

Four à double Baril	Lot		4	260	53.4	n.a.							(Pari et al., 2004)
Four à Charbon ACREST Mobile	Lot	Externe	18.25	64	3.5	n.a.					30%	107 minutes pour l'herbe sèche	ACREST, 2011

Source:(Adam, 2009; Ando, Ishibashi, Pari, & Miyakuni, n.d.; Burnette, 2010; Dionco-Adetayo, 2001; FAO, n.d.-a, n.d.-c, n.d.-e, 2008; Kammen & Lew, 2005; Kumar & Sarkar, 2009; Maenpaa et al., 2011; Paddon & Harker, 1980; Paddon, 1986; Rautiainen et al., 2012; Reumerman & Frederiks, 2002)

### 8.1.9 Détails de l'estimation du coût d'investissement

Le coût d'investissement de la fosse améliorée Libéria, du four portatif en acier et de la monticule Somalie ont été estimés sur base du nombre de feuilles de baril de pétrole utilisés pour la construction des fours incluant d'autres coûts de matériaux, tel que présenté dans le Tableau 13.

**Tableau 13 : Estimation du Coût d'Investissement de Différents Types de Fours**

technologie de fours	Taille du four	Production de charbon de bois par cycle	Cycle d'opération	Nombre de cycle de production par an	Estimation de la production annuelle	Nombre de feuilles de baril de pétrole
	m <sup>3</sup>	Tonnes	jours		Tonnes par an	pièces
Baril à Pétrole	0.2	12-18 kg	14-26 heures	365	7	2 barils de pétrole et autres matières
Casamance	8	1.1	8 jours	45	50	
Fosse améliorée Liberia	8	1.1	5-6 jours	60	66	10
Four portatif en acier	7	1-1.5 tonnes	2-3 jours	121	183	18
Ruche Standard	49	5 tonnes	9 jours	40	203	N/A
Missouri	180	17.6 tonnes	21 jours	17	306	N/A
Monticule de Somali	22	4.2	4-10 jours	52	383	15

\* Le coût d'investissement du baril de pétrole four est rapporté dans Burnette, 2010, le taux de change est de 28,57 bahts / USD.

\*\* Le coût d'investissement de la Casamance est estimé sur la base du prix actuel du matériau en Thaïlande (MOC, 2014)

\*\*\* Le coût d'investissement de la ruche standard est indiqué en Kumar & Sarkar, 2009 page 25.

\*\*\*\* Le coût d'investissement du Missouri est estimé sur la base du coût de l'investissement à 15 000 USD pour 350m<sup>3</sup> de capacité de production de charbon de bois rapportés dans FAO, 2010 page 38.

#### Baril de pétrole

La liste des matériaux utilisés pour construire le baril de pétrole charbon four est présentée dans le tableau ci-après. L'utilisateur peut utiliser cette liste pour estimer le coût de l'investissement et en utilisant le prix actuel de ces matériaux dans le pays.

**Tableau 14 : Les Matériaux pour le Four du Baril de Pétrole pour le Charbon de Bois**

Matériel	Unité	Baril de Pétrole
		Exigence
Baril de pétrole 200 litres	pcs.	1
Tuyaux d'amiante 4 pouces de diamètre. X 1 m.	pcs.	1*
raccord de tuyau 90 ° à 4 pouces de large amiante	pcs.	1*
tôles galvanisées	pcs.	3*
4 poteaux d'angle en bois	pcs.	4*
Des blocs de ciment	pcs.	5*
Perche de bambou vert (3-5 m de long; 12 cm de large)	pcs.	1*

Source: Burnette, 2010

\* coût de ces éléments sont comptabilisés à 55-60% du coût total.

Dimension du baril de pétrole	baril de pétrole de 55 gallons		
Diamètre	22.5	pouces =	57 cm
Hauteur	34.5	pouces =	88 cm
Circonférence	70.65	pouces =	179 cm
Note : facteur de conversion	1	pouces =	2.54 cm
Par conséquent, la dimension de la feuille de métal du baril de pétrole est			
largeur	0.9	m	
longueur	1.8	m	
Surface de plaque de métal du baril de pétrole	1.57	m <sup>2</sup>	
Prix du baril de pétrole (estimation)	13.33	USD/baril	

**Four Casamance**

La tôle d'acier est utilisée pour la production d'entrée et de cheminée d'air tubulaire (Oduor, Githiomi, & Chikamai, 2006). La liste des matériaux utilisés pour construire la meule Casamance sont présentés dans le tableau ci-dessous. L'utilisateur peut utiliser cette liste pour estimer le coût de l'investissement et utiliser le prix actuel de ces matériaux dans le pays.

**Tableau 15 : Les Matériaux pour le Four de Casamance**

Matériel	Unité	Four Casamance
		Exigence
Tôle 0.63mx 1.8mx 3 mm (diamètre de la cheminée 0.2mx 1,8 m)	pcs.	1
Feuille de métal de 0,16 m x 0,5 m x 3 mm (entrée d'air)	pcs.	4
Herbe ou le feuillage et le sol pour couvercle supérieur		Sans frais

Source: Oduor, Githiomi, & Chikamai, 2006

**Fosse améliorée Libéria**

La feuille de métal est principalement utilisée pour les trois feuilles de couverture et une cheminée (Paddon, 1986). La dimension de la feuille de métal pour la production de feuilles de couverture et de la cheminée est 2,44x 1,22 m pour l'ensemble des cinq pièces. Par conséquent, la superficie totale est de 14,884 m<sup>2</sup>. Elle est équivalente à la feuille de baril de pétrole = 14.884/1.57 = 9,48 ou 10 feuilles de baril de pétrole. (Note: 1.57 m<sup>2</sup> est la surface d'un baril de pétrole). L'autre coût matériel est estimé à 70% du coût total de la feuille du baril de pétrole.

Par conséquent, le coût d'investissement de l'amélioration de la fosse Libéria four est 13,33 x 10 pcs. x 1,7 = 227 USD.

Le matériel nécessaire pour la construction du four de la fosse améliorée Libéria est présenté dans le tableau ci-dessous. L'utilisateur peut utiliser cette liste pour estimer le coût de l'investissement et en utilisant le prix actuel de ces matériaux dans le pays.

**Tableau 16 : Les Matériaux pour le Four de la Fosse Améliorée Libéria**

Matériel	Unité	Fosse Améliorée Libéria
		Exigence
Fer d'angle pour cadre 40 x 40 x 5 mm	m.	12.2
Feuille de recouvrement en acier doux: 2440 x 1220 x 1,5 mm (pour recouvrir les feuilles)	pcs.	3
Plat en acier doux: 2440 x 1220 x 1,0 mm (pour les tubes et les bouchons)	pcs.	2
Appartement barre d'acier doux: 40x4mm (pour la fabrication de boulons de diapositives et fentes)	m.	3*
Barre ronde en acier doux (pour fabrication de poignées): 12mm de	m.	3*

diamètre.		
Boulons en acier doux ou de petits morceaux de tiges: 30 x 12 mm de diamètre.	pcs.	20*
Chaîne en acier pour soutenir la feuille de métal central	m.	2*

Source: Paddon, 1986

\* Le coût de ces éléments sont comptabilisés à 15-20% du coût total de ce four.

### **Four portatif en acier**

Le coût du four en acier portatif est estimé en supposant l'utilisation du baril de pétrole comme matière première de la construction du four. Le coût inclus 18 barils de pétrole. Les autres coûts sont comptabilisés à 50% du coût total du baril de pétrole de la manière suivante:

Le coût total du four en acier portatif = 18 x 13,33 USD x 1,5 = 360 USD.

Le matériel nécessaire pour la construction du four portatif en acier est présenté dans le Tableau 17. L'utilisateur peut estimer le coût d'investissement de four portatif en acier à l'aide du prix de la matière dans pays à partir de la liste du matériel ci-dessous.

**Tableau 17 : Les Matériaux pour le Four Portatif en Acier**

Matériel	Unité	four portatif en acier 7m <sup>3</sup>
		Exigence
La partie inférieure de four: Corten «A» en tôle d'acier: 7.3mx 0.7mx 3mm	pcs.	1
La partie supérieure du four: Corten «A» en tôle d'acier: 7.3mx 0.7mx 2mm	pcs.	1
La partie supérieure du couvercle: Corten «A» en tôle d'acier: diamètre 2,5 mx 2 mm	pcs.	1
Cheminée (tuyau d'acier): diamètre 10 mm de diamètre. x 1,8 m	pcs.	4
Chaînes de collier et entrée d'air: 10 mm de large en acier de 90 ° raccord de tuyau	pcs.	8*
Angle de fer de 50 mm pour soutenir la partie supérieure et le couvercle	pcs.	16*
Barre ronde en acier doux (pour la fabrication de poignées): 12mm de diamètre.	m.	1*

Source: Emrich, 1985; FAO, n.d.-f

\* Le coût de ces éléments est comptabilisé à 25% du coût total de ce four.

Ce four peut être construit par des artisans locaux dans un atelier qui a de l'équipement pour un soudage de base, un laminage, un forage et une installation pour couper (Paddon & Harker, 1980).

### **Monticule Somalie**

Le coût de l'utilisation des matériaux pour la construction de la monticule Somalie est estimé de la manière suivante:

- Pour la taille du four - 22m<sup>3</sup> - la zone de couverture de la feuille de métal est de 10 m<sup>2</sup>. Par conséquent, le nombre de feuilles de métal utilisé = 10/1.57 = 6.4 = 7 pcs. (Note: 1.57 m<sup>2</sup> est la surface d'une feuille de baril de pétrole). Les tôles seront collées en chevauchement. Par conséquent, le nombre total de feuilles de métal sont estimés à 15 morceaux.
- L'hypothèse de la production du charbon de bois à l'aide du monticule Somalie est de 7 jours par cycle de production et le coût total de (15 x 13,33) = 200 USD est utilisé pour 5 cycles de production du charbon de bois (Paddon, 1986). Par conséquent, le coût de 200 euros est utilisée pour la production de charbon de bois 21 tonnes (comme indiqué dans le Tableau 18).
- Le cycle annuel de production = 365/7 = 52 cycles par an. Par conséquent, le coût est pour une année de production du charbon de bois à l'aide du monticule Somalie = 52 \* 200/5 = 2.080 USD.

L'utilisateur peut estimer le coût d'investissement du monticule Somalie à l'aide du prix de la matière des pays de cette liste de matériaux comme indiqué dans le Tableau 18.

**Tableau 18 : Matériel Nécessaire pour Monticule Somalie**

Matériel	Unité	Monticule Somalie
		Exigence
Tôle 0.9m x 1,8 m x 1,5 mm (en baril de pétrole)	pcs.	15
Bois de branche épineuse et des sols pour le couvercle supérieur (environ 5 cm d'épaisseur de sol couverts)		Sans frais

Source: <http://www.fao.org/docrep/s5780e/s5780e06.htm>

### **Four Missouri**

Le matériel nécessaire pour la construction du four Missouri de 180 m<sup>3</sup> est présenté dans le Tableau 19. L'utilisateur peut estimer le coût d'investissement du four Missouri selon le prix de la matière dans le pays à partir de la liste du matériel ci-dessous.

**Tableau 19 : Matériel pour four Missouri**

Matériel	Unité	Four Missouri
		Exigence
Béton fait à partir de granulats de schiste expansé	m <sup>3</sup>	46
Quantité totale d'acier en tonnes (renforcement, cadres de portes, des conduits d'air, les portes et divers)	tonne métrique	4.4
Tuyaux de combustion en grès (37 m de diamètre de 150 mm)	pcs.	1*

Les frais de service d'ingénierie et de construction	Approx. 35% du coût de la matière
--	--------------------------------------

Source: [http://www.fao.org/docrep/x5328e/x5328e08.htm#7.4.2. Construction](http://www.fao.org/docrep/x5328e/x5328e08.htm#7.4.2.Construction)

\* Le coût de ce produit est comptabilisé à 2-5% du coût total de ce four.

### **Four ruche standard**

Le matériel nécessaire pour la construction du four de ruche standard de 50 m<sup>3</sup> est présenté dans le Tableau 20. L'utilisateur peut estimer le coût d'investissement du four de ruche standard selon le prix de la matière dans le pays à partir de la liste du matériel ci-dessous.

**Tableau 20 : Les Matériaux pour le four de Ruche standard**

Matériel	Unité	Four de ruche standard
		Exigence
Briques communes	pcs.	8500
Quantité totale d'acier en tonnes (Renforcement)	tonne métrique	0.145
Frais de service de la construction		Approx. 20% du coût de la matière

Source: [http://www.fao.org/docrep/x5328e/x5328e08.htm#7.4.2. Construction](http://www.fao.org/docrep/x5328e/x5328e08.htm#7.4.2.Construction)

## **8.2 Les données requises pour utiliser l'outil**

Le Tableau 21 comprend les données requises pour l'exécution de la *Composante Charbon de Bois*.

**Tableau 21 : Les Données Requises pour Utiliser l'Outil**

Data	Définition et Sources
La biomasse et son résidu	L'utilisateur sélectionne la biomasse / bois et son résidu pour l'analyse détaillée.
Prix des matières premières	Si le prix de la matière première n'est pas disponible, l'utilisateur a besoin d'information sur les salaires horaires pour les travailleurs qualifiés et non qualifiés (USD par employé et par heure) et la consommation en carburant des machines généralement utilisées dans les opérations agricoles ou forestières pour calculer approximativement cette valeur.
Coût de stockage de matières premières (USD la tonne).	L'utilisateur identifie le coût de stockage de la matière première. L'utilisateur peut saisir les prix courants de stockage des produits agricoles dans le pays. Si cette information n'est pas disponible dans le pays, l'utilisateur peut estimer ce prix en sélectionnant le type de stockage disponible dans le pays et utiliser le coût global estimé pour la construction de ce type de stockage fournis par l'outil.  Pour les fours à petite échelle comme le baril de pétrole, la casamance et fosse améliorée Libéria, y compris le four portatif en acier, aucun stockage n'est requis et les coûts de construction sont donc égaux à zéro.

La taux sécuritaire de matière première (en%)	Cette valeur définit le pourcentage de biomasse qui doit être réservé pour exploiter la centrale pendant les périodes de pénurie.
Technologie actuelle de four à charbon de bois	L'utilisateur saisit les données de la production actuelle de charbon de bois dans le pays: Les informations requises sont: la technologie actuelle du four et son efficacité, les coûts d'investissement, coûts de généraux de l'usine, les coûts administratifs, les coûts de main-d'œuvre qualifiée et non qualifiée, prêt, la distance de transport (à la fois de la biomasse/ matière première et charbon de bois), la capacité de stockage de bois actuelle et la durée de four.
Technologies de four	L'utilisateur sélectionne les technologies de fours améliorées que l'utilisateur veut évaluer parmi les suivants: Casamance, Monticule ]Somalie, fosse améliorée Libéria, Ruche Standard, Missouri, Four portatif en acier et four baril de pétrole.
Coût de la construction de l'installation stockage de charbon de bois (USD la tonne).	L'utilisateur identifie le coût pour stocker le charbon de bois. L'utilisateur peut saisir les prix courants sur le stockage des produits agricoles dans le pays.  Si cette information n'est pas disponible dans le pays, l'utilisateur peut estimer cette valeur sur base de la sélection du type de stockage disponible dans le pays et utiliser le coût global estimé pour la construction de ce type de stockage fournis dans l'outil.  Pour les fours à petite échelle par exemple huile four à tambour, casamance et l'amélioration de la fosse Libéria, aucun stockage est nécessaire et les coûts de construction sont donc égaux à zéro.
Taux de stock de sécurité en charbon actif (%).	L'utilisateur détermine le taux des stocks du charbon de bois pour assurer un approvisionnement suffisant de charbon de bois sur le marché.
Coût du travail	Travailleurs qualifiés et non-qualifiés en USD/employé/ heure.
Le coût du transport de la matière première (champ / point de collecte à l'usine) dans l'unité de USD par tonne et par km.	L'utilisateur entre le coût du transport en USD par tonne et par km. L'utilisateur peut utiliser les méthodes actuelles de transport pour acheminer les matières premières agricoles dans le pays.  Si le transport se fait à pied ou à vélo, l'utilisateur peut inclure ce coût dans le coût de la collecte de la matière première. Alternativement, l'utilisateur d'estimer le coût en utilisant le coût du travail par heure, temps de travail, la quantité de matériau qui peut être transporté et les kilomètres approximatifs qui peuvent être parcourus en vertu de la méthode choisie.
La distance de transport de la matière première à l'usine de charbon de bois en kilomètres par la technologie du four	Elle est déterminée sur la base de la disponibilité en biomasse dans une zone particulière par rapport à la quantité nécessaire pour faire fonctionner chacun des types de fours.
Le coût de transport des produits de charbon de bois de l'usine de commercialiser en USD par tonne et par km.	L'utilisateur saisit le coût du transport en USD/tonne/km. L'utilisateur peut utiliser les méthodes actuelles de transport pour acheminer les matières premières agricoles dans le pays.  Si le transport se fait à pied ou à vélo, il est recommandé que l'utilisateur estime le coût en utilisant le coût du travail par heure, le temps de travail, la quantité de matériel qui peut être transporté et les kilomètres approximatifs qui peuvent être parcourus en fonction de la méthode choisie.

La distance de transport de charbon de bois produits sur le marché en kilomètres par type de capacité de production	L'utilisateur estime une distance en kilomètres de transport qui sera nécessaire pour le transport du charbon sur le marché selon les technologies de fours.
Prix actuel du marché du charbon de bois	Prix du marché de charbon de bois (USD / kg) dans les zones rurales et urbaines, y compris industrielle.
Paramètre des coûts	Pourcentage du coût de généraux de l'usine, le coût généraux et administratifs, les coûts de maintenance et les coûts divers.
Paramètres financiers	<p>Taux d'actualisation (en%): Il permet de calculer la valeur des coûts et les avantages futurs par rapport à la valeur actuelle, il est général déterminé par le taux des rendements sur les marchés financiers. Il peut être interprété en termes du «coût d'opportunité», c'est à dire le manque à gagner de l'investissement dans le projet. Pour le coût du capital d'une entreprise, le taux d'actualisation est généralement calculé comme le rendement moyen qui doit être accordé à ceux qui investissent dans les actifs de l'entreprise. Pour cette raison, dans plusieurs applications le taux d'actualisation ne peut être inférieur au taux d'intérêt du prêt dans plusieurs applications.</p> <p>Montant du prêt (%): il s'agit du pourcentage de l'investissement initial qui est financé par un prêt.</p> <p>Taux d'intérêt du prêt (%): c'est le taux d'intérêt (fixe) sur le prêt obtenu (une partie de) de fonds l'investissement initial.</p> <p>Durée du prêt (ans): c'est la durée du prêt, qui à son tour dépend de la durée de vie de l'usine choisie.</p>
Les types et les quantités de combustibles typiques utilisés pour le chauffage et la cuisson	Les carburants sont des briquettes, bois de chauffage, du kérosène et de GPL qui utilisaient pour le chauffage et la cuisson des ménages urbains et ruraux, y compris industriels (kg par jour par ménage).
Prix des carburants utilisés pour le chauffage et la cuisson	Le prix actuel de combustibles tels que des briquettes, bois de chauffage, le kérosène et le GPL dans l'unité de USD / kg.

### 8.3 Principaux indicateurs financiers et des hypothèses de travail<sup>6</sup>.

#### Valeur Actualisée Nette

La valeur actuelle nette (VAN) est la somme des flux de trésorerie actualisés découlant d'un projet d'investissement, et est une mesure de la rentabilité d'un tel projet. Elle est habituellement calculée selon la formule suivante<sup>7</sup> :

$$NPV = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

<sup>6</sup> Cette partie (avec les définitions des paramètres financiers dans le tableau 23) est principalement basée sur Brealey et al. (2011), les chapitres 2, 5 et 9, et sur (ADD REF!). Les concepts ne sont que très brièvement esquissés pour les des raisons de simplicité.

<sup>7</sup> De légères modifications peuvent être nécessaires pour tenir compte des caractéristiques spécifiques du projet (c'est le cas par rapport à la technologie du four portatif en acier).

où est l'investissement initial, est l'horizon temporel du projet (trois ou six ans dans notre cas, en fonction de l'usine de production choisie), tandis que c'est le flux de trésorerie résultant à l'instant  $t$  et est le taux d'actualisation retenu. Lors du choix sur la possibilité d'entreprendre un projet d'investissement, une valeur actualisée nette positive implique que le projet lui-même est prévu pour être rentable, tandis qu'une VAN négative implique que le projet n'est pas rentable. En choisissant entre plusieurs projets, ceux avec une plus grande VAN doivent être préférés.

Une hypothèse de travail importante adoptée dans l'outil concerne le fait que le même taux d'actualisation (celui choisi par l'utilisateur) est utilisé pour tous les flux de trésorerie intervenant dans le calcul des valeurs actualisées nettes. Cela peut affecter les résultats, mais est nécessaire pour assurer une certaine simplicité. Cela suggère aussi une mise en garde importante concernant le choix du taux d'actualisation: la valeur choisie est susceptible d'affecter les résultats de l'analyse de façon significative, de sorte qu'il doit être choisi avec soin ou, mieux, un test de sensibilité en utilisant plusieurs valeurs plausibles pour un tel taux doit être effectué.

### **Indice de Rentabilité**

L'indice de rentabilité (PI) est défini selon la formule suivante:<sup>8</sup>:

$$\text{PI} = \frac{\text{PV de flux de trésorerie résultant après l'investissement initial}}{\text{L'investissement initial}}$$

où PV représente la valeur actuelle. Dans notre contexte, il représente donc le rapport entre la valeur actuelle des flux de trésorerie positifs liés à une période de 1 à la fin de la vie de l'usine (donc jusqu'à trois ans ou à la sixième année en fonction de l'installation choisie) sur la valeur (c.-à-d temps 0) de l'investissement initial. Il s'agit d'une mesure de la quantité de dollars obtenus (PV - valeur actualisée) par dollar investi. Par conséquent, une valeur supérieure à 1 implique un investissement rentable tandis qu'une valeur inférieure à 1 signifie que l'investissement ne devrait pas être entrepris.

Dans l'évaluation de la PI, les flux de trésorerie obtenus en l'absence d'un prêt sont utilisés, pour éviter la possibilité d'avoir un 0 investissement initial et les problèmes de calcul liés.

Une mise en garde importante pour les le PI est liée au fait qu'il ne tient pas bien compte de l'ampleur du projet. En d'autres termes, un très petit projet pourrait avoir un PI nettement plus importante qu'un grand, mais celui-ci peut être plus rentable en termes de VAN.

---

<sup>8</sup> Aussi pour la PI, de légères modifications sont introduites dans des cas spécifiques (comme pour la technologie du four portatif d'acier).

## 9 Références

- Adam, J. C. (2009). Improved and more environmentally friendly charcoal production system using a low-cost retort–kiln (Eco-charcoal). *Renewable Energy*, 34(8), 1923–1925. doi:10.1016/j.renene.2008.12.009
- Ando, K., Ishibashi, N., Pari, G., & Miyakuni, K. (n.d.). Trials on Some of Charcoal Production Methods for Carbon Sequestration in Indonesia.
- Brealey, R.A., Myers S.C. and F. Allen (2011), *Corporate Finance*, 10th edition, McGraw-Hill.
- Burnette, R. (2010). Charcoal Production in 200-Liter Horizontal Drum Kilns. *A Regional Supplement to ECHO Development Notes*, (6).
- Dionco-Adetayo, E. A. (2001). Utilization of wood wastes in Nigeria: a feasibility overview. *Technovation*, 21(1), 55–60. doi:10.1016/S0166-4972(00)00003-1
- Emrich, W. (1985). *Handbook of Charcoal Making*. Dordrecht. Retrieved from <http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-0450-2>
- EPA. (n.d.). Wood Products Industry (pp. 10.7–1–10.7–7).
- EPA. (2007). Biomass Combined Heat and Power Catalog of Technologies. *U. S. Environmental Protection Agency*, (September). Retrieved from [www.epa.gov/chp/documents/biomass\\_chp\\_catalog.pdf](http://www.epa.gov/chp/documents/biomass_chp_catalog.pdf)
- FAO. (n.d.-a). Chapter 6 Making charcoal in earth mounds. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/x5328e/x5328e07.htm>
- FAO. (n.d.-b). Chapter 7 Brick Kilns. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/X5328E/x5328e08.htm>
- FAO. (n.d.-c). Chapter 7 Brick kilns. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/x5328e/x5328e08.htm#7.2>. the brazilian beehive kiln
- FAO. (n.d.-d). Chapter 8 Metal kilns. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/X5328E/x5328e09.htm>
- FAO. (n.d.-e). Charcoal-making in Somalia: A look the bay method. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/s5780e/s5780e06.htm>
- FAO. (n.d.-f). Transportable metal kiln. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/X5328E/x5328e09.htm#8.1>. available designs of transportable metal kilns
- FAO. (2008). Industrial Charcoal Production. *TCP/CRO/3101 (A) Development of a Sustainable Charcoal Industry*, (June).
- FAO. (2010). *What woodfuels can do to mitigate climate change*.
- FAO-RWEDP. (1996). Woodfuel Flows. *REGIONAL WOOD ENERGY DEVELOPMENT PROGRAMME IN ASIA GCP / RAS / 154 / NET*, (July).

- Kambewa, P., Mataya, B., Sichinga, K., & Johnson, T. (2007). *Charcoal the reality: A Study of charcoal consumption, trade and production in Malawi*. the International Institute for Environment and Development (UK).
- Kammen, D. M., & Lew, D. J. (2005). Review of Technologies for the Production and Use of Charcoal, 1–19.
- Kimaryo, B. T., & Ngereza, K. I. (1989). Charcoal Production in Tanzania Using Improved Traditional Earth Kilns, (March).
- Kumar, A., & Sarkar, S. (2009). Techno-economic Assessment of Biomass Conversion to Charcoal for Carbon Sequestration by, 1–57.
- Maenpaa, M., Mullinix, M., Musser, A., Wang, W., Budd, J., Colton, J., & Li, W. (2011). ACREST Mobile Charcoal Kiln, (April).
- MOC. (2014). The price of construction material January 2014. *Bureau of Trade and Economic Indices, Ministry of Commerce*. Retrieved from [http://www.indexpr.moc.go.th/PRICE\\_PRESENT/tablecsi\\_month\\_region.asp?DDMonth=01&DDYear=2557&DDProvince=10&B1=%B5%A1%C5%A7](http://www.indexpr.moc.go.th/PRICE_PRESENT/tablecsi_month_region.asp?DDMonth=01&DDYear=2557&DDProvince=10&B1=%B5%A1%C5%A7)
- Oduor, N., Githiomi, J., & Chikamai, B. (2006). *Charcoal Production using Improved Earth , Portable Metal , Drum and Casamance Kilns*. Kenya Forestry Research Institute. Kenya Forestry Research Institute.
- Paddon, A. R. (1986). The construction , installation and operation of an improved pit-kiln for charcoal production. *Tropical Development and Research Institute London, England*.
- Paddon, A. R., & Harker, A. P. (1980). *Charcoal production using a transportable metal kiln*. *Tropical Development and Research Institute (TDRI)*.
- Rautiainen, M., Havimo, M., & Gruduls, K. (2012). Biocoal Production, Properties and Uses. *The Development of the Bioenergy and Industrial Charcoal (Biocoal) Production (Report of BalBiC -Project cb46)*, 1–28.
- Reumerman, P., & Frederiks, B. (2002). Charcoal production with reduced emissions. In *12th European Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Amsterdam*.