



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

Manuel d'Utilisation

COMBUSTION



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 ou adressée par courriel à copyright@fao.org.

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

Évaluation Rapide BEFS

Module Options d'Utilisation Finale de l'Énergie

Composante Électrification Rurale

Section 3 : Combustion

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)¹: 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 Maltsoğlu, 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 Malawi², ainsi que le National Biofuels Board³ 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).

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

² 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.

³ 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 d'Énergie
 - 1. Produits Intermédiaires ou Finaux
 - Section 1 : Briquettes
 - Section 2 : Granulés de Bois
 - Section 3 : Charbon de Bois
 - 2. Chauffage et Cuisson
 - Biogaz Communautaire
 - 3. Électrification Rurale
 - Section 1 : Gazéification
 - Section 2 : Huile Végétale Brute
 - Section 3 : Combustion**
 - 4. Chaleur et Électricité
 - Section 1 : Cogénération
 - Section 2 : Biogaz Industriel
 - 5. Transport
 - Éthanol et Biodiesel

Table des Matières

1	Vue d'Ensemble du Module Option de l'Utilisation Finale de l'Énergie.....	3
2	La <i>Composante Combustion</i>	5
3	Termes et Définitions dans la <i>Composante Combustion</i>	8
4	Champ d'Application et Objectif de la <i>Composante Combustion</i>	9
5	Utilisation de la <i>Composante Combustion</i>	10
5.1	Étape 1: La demande en énergie	12
5.2	Étape 2: Définir la matière première.....	12
5.3	Étape 3: Définir le prix de l'électricité	17
5.4	Étape 4: Coût de production et paramètres financiers.....	19
5.5	Étape 5: Calcul du coût de production d'électricité	20
6	Hypothèses et Limites de la <i>Composante Combustion</i>	23
7	The Résultats de la <i>Composante Combustion</i>	24
7.1	Vue d'ensemble du calcul des coûts de production (facultatif)	24
7.2	Les résultats sommaires par matières premières	26
7.3	Le résumé des résultats comparatifs.....	29
8	Annexe.....	31
8.1	Méthodologie et Résultats	31
8.1.1	Calcul des coûts des intrants requis	31
8.1.2	Calcul des coûts du travail obligatoire.....	32
8.1.3	Le calcul des coûts de transports requis.....	33
8.1.4	Le calcul des coûts de stockage.....	33
8.1.5	Calcul de coût fixe.....	33
8.1.6	Calcul des autres coûts.....	35
8.1.7	Le coût total des coûts de production et l'unité de calcul de l'électricité.....	35
8.1.8	Calcul du chiffre d'affaires du projet	36
8.2	Les données requises pour utiliser l'outil.....	36
9	Références.....	39

Liste des Figures

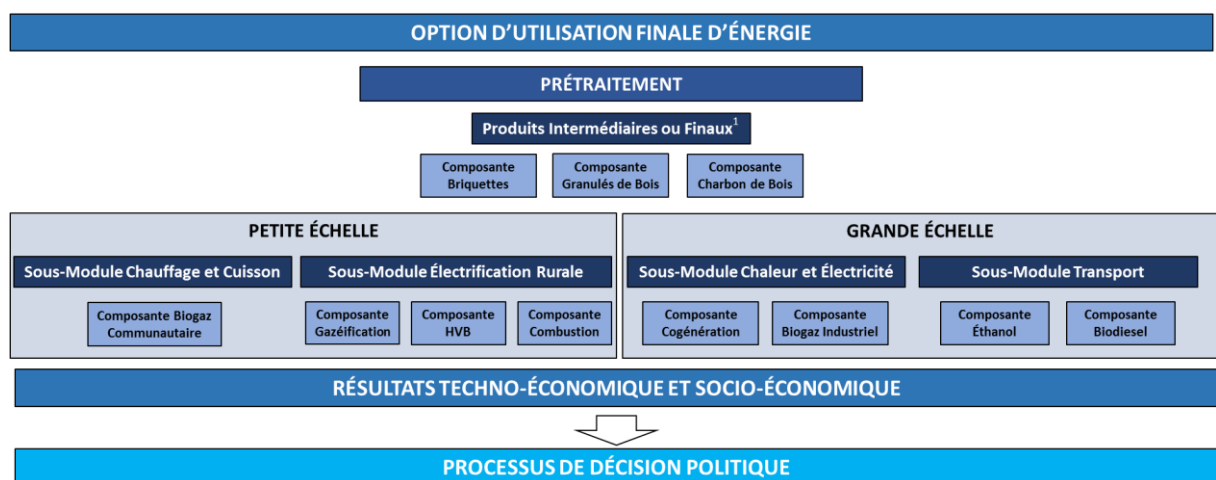
Figure 1: La Structure du Module Utilisation Finale de l'Énergie	3
Figure 2: Le Système de Combustion de la Biomasse pour la Production d'Électricité en Milieu Rural	5
Figure 3: Structure des Feuilles Résultats de Combustion	7
Figure 4: Outil d'Évaluation Rapide pour l'Électrification Rurale	10
Figure 5: Le Déroulement de l'Analyse de la <i>Composante Combustion</i> et les Relations avec d'Autres Modules et Composantes de BEFS RA	11
Figure 6: La Demande en Énergie.....	12
Figure 7: Sélection des Matières Premières.....	13
Figure 8: Calcul du Prix de Matières Premières sur la Base de la Méthode de Collecte et sa Source	14
Figure 9: Coût de Stockage de Matières Premières	16
Figure 10: Calculateur de Stockage des Matières Premières.....	17
Figure 11: Prix de l'Électricité Définition - Méthode 1	18
Figure 12: Définition du Prix de l'Électricité - Méthode 2	18
Figure 13: Intrants Généraux.....	19
Figure 14: Calcul des Coûts de Production	21
Figure 15: Les Coûts de Traitement pour la Production d'Électricité.....	21
Figure 16: Détail des Coûts de Production de l'Électricité par Capacité de Production d'Électricité	25
Figure 17: Les Résultats au Coût de Production et d'Investissement	27
Figure 18: Les Résultats d'Exploitation.....	28
Figure 19: Résultats de l'Analyse Financière	28
Figure 20: Mise en Page des Résultats Comparatifs	30

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Estimer le Coût de Stockage	15
Tableau 2 : Entrées Coût Équations.....	31
Tableau 3 : Travail et Équations de Coûts Divers	32
Tableau 4 : Transport des Équations de Coûts de Matières Premières	33
Tableau 5 : Équations de Coûts de Stockage.....	33
Tableau 6 : Équations de Coûts Fixes	33
Tableau 7 : Équations Autres Frais	35
Tableau 8 : Total des Équations des Coûts de Production	35
Tableau 9 : Équations des Revenus Potentiels.....	36
Tableau 10 : Les Données Requises pour Exécuter l'Outil	36

1 Vue d'Ensemble du Module Option de l'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 cinq sections qui sont : Produits Intermédiaires ou Finaux, Chauffage et Cuisson, Électrification Rurale, Chaleur et Électricité et Transport. Chacun des sous-modules comprend un choix des composantes d'analyse pour évaluer la production de biocarburants spécifiques basés sur les technologies de traitement particulier, comme illustré sur la Figure 1. Ce module se base sur l'information générée dans le module *Ressources Naturelles* par rapport au type et à la quantité de matière première disponible. Pour une description plus détaillée du module il faut se référer à l'introduction générale du manuel de formation.



¹Ces produits peuvent être utilisés soit en tant que produits finaux pour le chauffage et la cuisson soit en tant que produits intermédiaires pour l'électrification rurale.

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

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

Le sous-module **Produits Intermédiaires ou Finaux** est utilisé pour évaluer la viabilité de la production de briquettes, granulés de bois et charbon de bois. 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 **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 initial d'investissement 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.

Le sous-module **Chauffage et Cuisson** est utilisé pour évaluer la viabilité de la production de biogaz au niveau communautaire. La composante **Biogaz Communautaire** est utilisée pour évaluer le développement potentiel de la production de biogaz à partir du bétail au niveau des ménages et des communautés et compare trois différents types de technologie. 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 biodigester. 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 **Électrification Rurale** est utilisé pour évaluer la viabilité de l'approvisionnement en électricité à partir de ressources de biomasse locales dans les zones reculées qui n'ont pas accès au réseau électrique. Le sous-module est composé de trois voies technologiques décentralisées pour l'électrification, à savoir : la gazéification, l'utilisation d'huile végétale brute (HVB) et la combustion. Les résultats de ce sous-module génèrent des estimations du coût de la production et distribution d'électricité, calcule la viabilité financière de l'électrification et informe sur les résultats sociaux et économiques associés à chaque voie alternative de technologie. 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.

Le sous-module **Chaleur et Électricité** est utilisé pour évaluer la viabilité de la production d'électricité et de chaleur à partir de sources locales de biomasse. Le sous-module est composé de deux voies technologiques décentralisées pour l'électrification et la chaleur, à savoir : la cogénération et le biogaz industriel. Les résultats de ce sous-module génèrent des estimations du coût de la production et distribution d'électricité et de chaleur, calcule la viabilité financière de l'électrification/chaleur et informe sur les résultats sociaux et économiques associés à chaque voie alternative de technologie. 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 ou faible humidité ou une combinaison des deux. Toutes les filières technologiques sont basées sur des technologies simples et facilement accessibles qui 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, peut être évalué le potentiel de développement de l'industrie du biodiesel. Les analyses donnent des résultats sur les estimations de coûts pour la production de biocarburant choisi 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/an⁴. 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 consiste à utiliser la **Calculatrice de Prétraitement** avant d'utiliser les outils d'Utilisation Finale d'Énergie⁵. 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.

2 La Composante Combustion

La *Composante Combustion* est conçue pour aider l'utilisateur à évaluer le potentiel à développer la combustion de biomasse pour fournir de l'électricité dans les zones rurales sans accès à l'électricité en cours et où l'extension du réseau national n'est pas possible. La limite de l'analyse de la composante combustion est illustrée dans la Figure 2. L'outil est basé sur des examens approfondis de la littérature. Les hypothèses et les calculs utilisés pour développer l'outil sont fournis en Annexe.

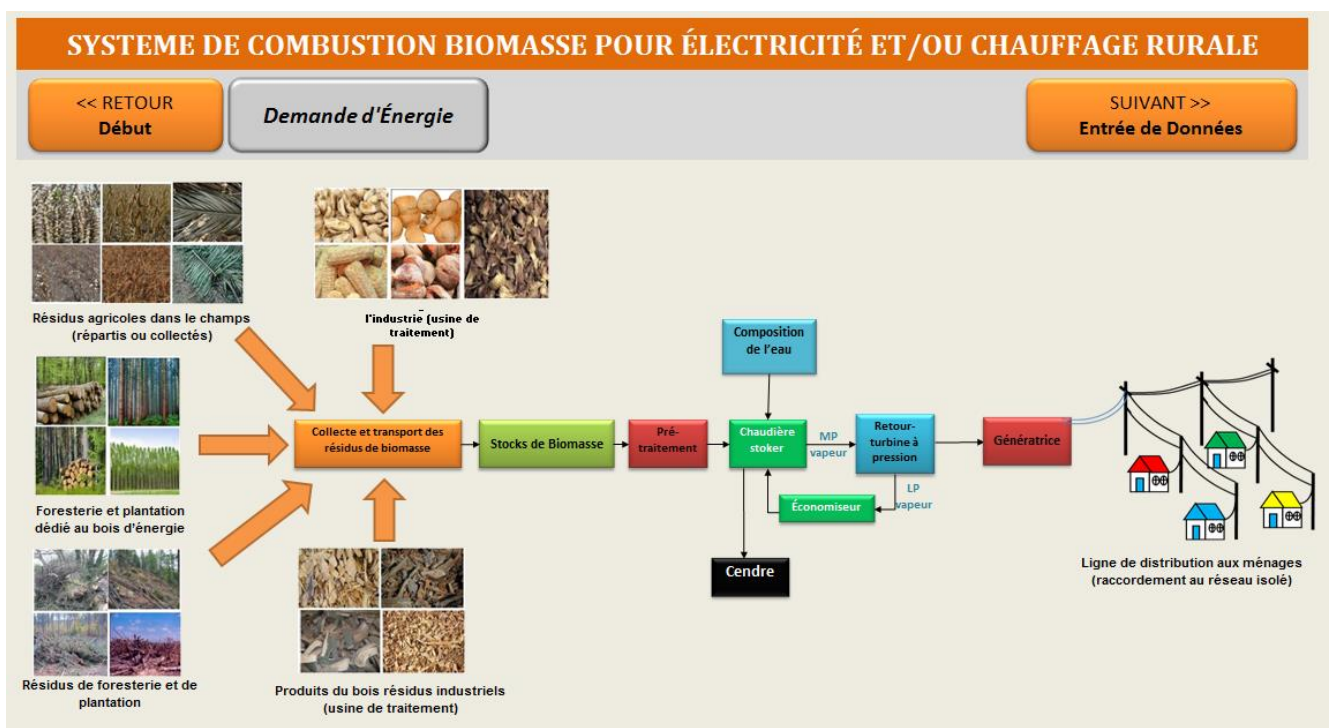


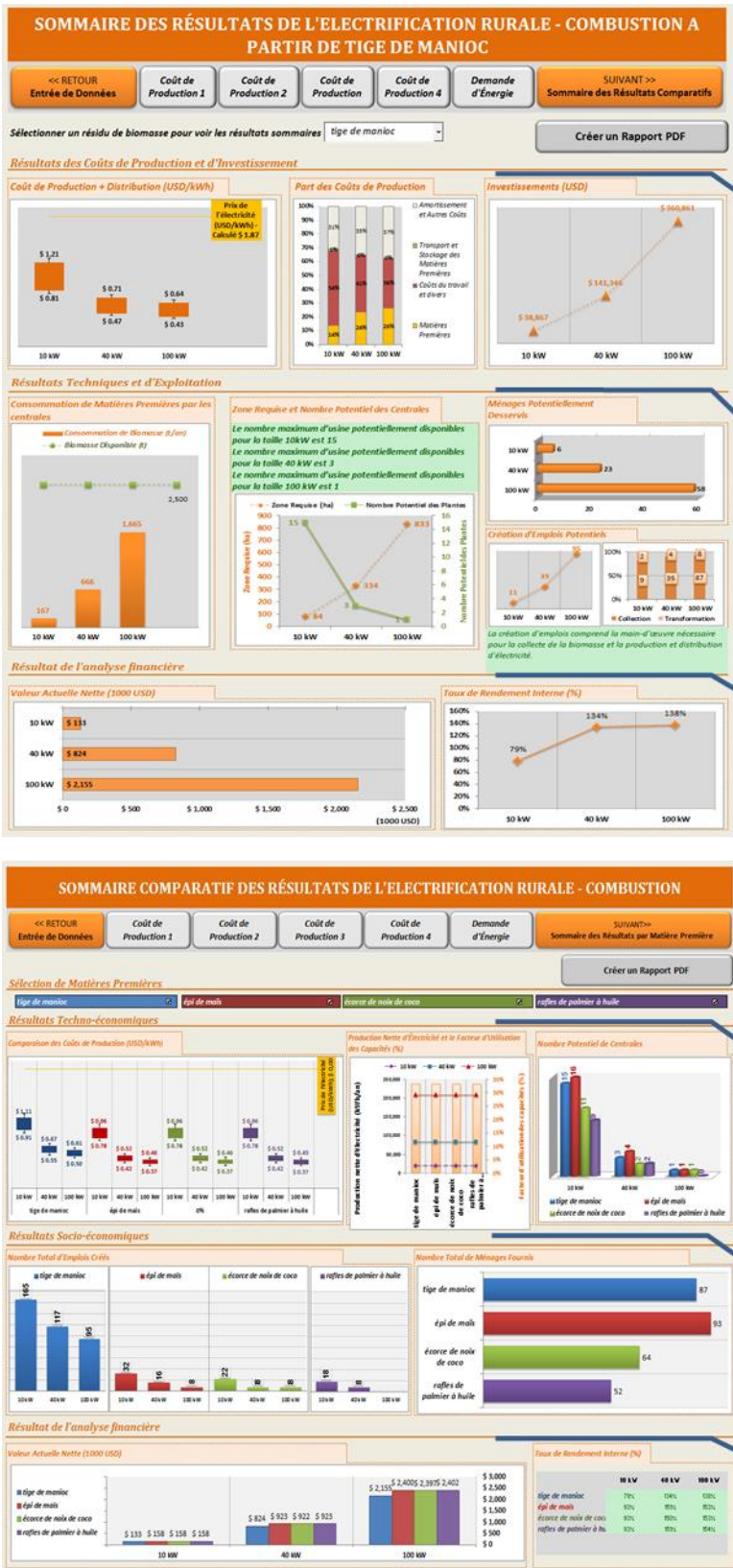
Figure 2: Le Système de Combustion de la Biomasse pour la Production d'Électricité en Milieu Rural

À la fin de l'analyse, l'utilisateur aura une indication sur ce qui suit : 1) requis en matière de la consommation de la biomasse et de la zone à mettre en place pour les différentes échelles d'installations de combustion de la biomasse ; 2) le nombre potentiel d'installations de combustion durables de biomasse qui peuvent être développées dans le pays ; 3) le coût d'investissement et coût de production par kWh pour chaque échelle ; 4)

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

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

le nombre de ménages qui pourraient être électrifiés ; et 5) la création potentielle d'emplois et la viabilité financière associée à chaque niveau de la production comme le montre la Figure 3. L'utilisateur sera également en mesure de comparer les différents types de biomasse (matière première) et les capacités de la centrale à identifier des 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

Résultats des Coûts de Production et d'Investissement:

Coût de production de l'électricité, Part de la production et Coût total de l'investissement

Résultats d'Exploitation:

Consommation de biomasse, Zone de la biomasse, Nombre potentiel des plants, Nombre de ménages potentiellement fourni et Création totale d'emplois

Analyse Financière – Avant Taxes:

Valeur Actuelle Nette (VAN) et Taux de Rendement Interne (TRI)

Résultats Comparatifs des Capacités

Résultats Techno-Économiques:

Coût de production d'électricité, Production nette d'électricité, Facteur d'utilisation de la capacité et Nombre de centrales de combustion

Résultats Socio-Économiques:

Nombre total d'emplois créés, Nombre total de ménages desservies

Analyse Financière – Avant Taxes:

Valeur Actuelle Nette (VAN) et Taux de Rendement Interne (TRI)

Figure 3: Structure des Feuilles Résultats de Combustion

3 Termes et Définitions dans la *Composante Combustion*

Cette section comprend des définitions de termes spécifiques utilisés dans le *Composante Combustion*. Il est important d'anticiper ces définitions et examiner tout au long de l'analyse, pour être en mesure d'interpréter correctement les résultats.

- **La combustion** se réfère à un processus thermo-chimique où un combustible et un agent oxydant (air ou oxygène) réagissent de façon exothermique et générant de la chaleur ainsi qu'une série de produits transformés appelés gaz de combustion. Différents types de substances ou matériaux peuvent être utilisés comme combustibles, y compris les combustibles fossiles, les résidus ou la biomasse. Il est essentiel de savoir qu'un bon carburant doit être facilement disponible, bon marché, respectueux de l'environnement et avoir un bon pouvoir calorifique. La combinaison de la valeur calorifique d'un combustible et des conditions de fonctionnement (pression, l'excès d'oxydant, etc.) détermine la qualité de la combustion et par conséquent la production de chaleur.
- **L'analyse de combustion de la biomasse** comprend les étapes suivantes: la collecte des résidus de la biomasse, le transport et le stockage à l'usine de combustion. Avant d'alimenter les résidus de la biomasse dans la chaudière pour la combustion, ceux-ci subissent des processus de prétraitement comme par exemple, un séchage pour éliminer l'excès d'humidité ou une réduction de la taille des résidus de l'agriculture / bois si cette dernière est grande (U.S. Department of Energy, 2012a). Après les opérations de prétraitement, le résidu de biomasse est prêt à alimenter une chaudière pour la combustion directe, où la chaleur obtenue est utilisée pour produire de la vapeur. Cette vapeur est utilisée pour actionner une turbine à vapeur et un générateur pour produire de l'électricité. La sortie du processus de combustion est de l'électricité qui est distribuée aux ménages dans un domaine particulier (Pinheiro, G., et al., 2011).
- **La vapeur** est le nom technique de l'eau vaporisée. La vapeur a différentes utilisations dont un moyen de transport de l'énergie. Elle possède notamment une faible toxicité et est facilement transportable, son rendement et sa capacité thermique sont élevés, et son coût est relativement faible. La vapeur d'eau contient une quantité importante d'énergie qui peut être extraite comme un travail mécanique au moyen d'une turbine ou pour une utilisation en tant que chaleur de processus. Comme la plupart de la teneur en chaleur de la vapeur d'eau est sous forme de chaleur latente, de grandes quantités de chaleur peuvent être transférées efficacement à température constante, ce qui est un atout essentiel dans de nombreux processus de chauffage (U.S. Department of Energy, 2004).
- **Matières Premières** - la matière première de la biomasse qui est utilisée dans le processus de combustion pour produire de la chaleur.
- **Les chaudières** sont utilisées pour la production de vapeur d'eau en ajoutant de l'énergie à une source d'eau. Cette énergie est obtenue à partir de la combustion de combustibles fossiles ou de la chaleur perdue du procédé. La chaudière possède une surface de transfert de chaleur (en général un ensemble de tubes) entre les produits de combustion et l'eau. Afin de faire fonctionner une chaudière d'autres éléments sont nécessaires: le système d'alimentation en carburant, le système d'air de combustion, système d'alimentation en eau et les gaz d'échappement du système de ventilation. Il y a deux types de chaudières : la chaudière à tubes de fumée et la chaudière aquatubulaire. Connaître quelle partie des tubes de la chaudière contient les gaz de combustion ou l'eau/vapeur permet de différencier ces deux types de chaudières (U.S. Department of Energy, 2004; Quaak, P., H. Knoef, and H.E. Stassen, 1999; IRENA, 2012).
- **Turbine à Vapeur** convertit l'énergie de la chaleur contenue dans la vapeur en énergie mécanique ou électrique par des mouvements de rotation. Le quantum de la production d'énergie est fonction de

deux variables principales: débit de vapeur et chute de pression dans la turbine. Ces deux paramètres déterminent la quantité d'énergie qui peut être obtenue à partir de ce dispositif. Les turbines à vapeur sont utilisées pour alimenter des générateurs électriques ou d'autres machines tournantes telles que les compresseurs, les pompes et les ventilateurs. Les turbines à vapeur sont utilisées dans de nombreux designs de système, en fonction des exigences relatives à la vapeur, l'électricité ou autres charges mécaniques. Les turbines à vapeur sont un moyen efficace de réduire la pression de la vapeur lors de l'extraction du travail mécanique (U.S. Department of Energy, 2012b).

- **Le prétraitement de la biomasse:** les résidus de biomasse ont un grand potentiel dans la plupart des pays en développement, car ils sont en mesure de remplacer les sources d'énergie telles que le bois. Cependant, seule une petite proportion de résidus de la biomasse est utilisée comme combustible en raison de leur forte teneur en eau, le polymorphisme de haute densité et de faible énergie. Ces caractéristiques augmentent les coûts de transport, de manutention et de stockage, ce qui rend l'utilisation de la biomasse comme combustible peu réaliste (Patel, Gami, & Bhimani, 2011). Il existe plusieurs variétés de biomasse (résidus agricoles) ayant des valeurs différentes de chauffage, de tailles, de teneur en humidité et de composition chimique. Les processus de prétraitement comprennent le séchage pour éliminer l'excès d'humidité, la réduction de la taille d'agro-résidus ayant une grande taille, la densification (par exemple : granulés et briquettes) pour augmenter la densité de la taille et de l'énergie de fins grains de matières premières et le processus de torréfaction pour améliorer les caractéristiques et l'efficacité du stockage de la biomasse.

4 Champ d'Application et Objectif de la *Composante Combustion*

L'objectif de la *Composante Combustion* est d'évaluer la faisabilité de développer un système de combustion de la biomasse pour fournir de l'électricité dans les zones rurales où l'extension du réseau n'est pas viable. Il fournit à l'utilisateur une base technique pour effectuer une analyse des systèmes de combustion de la biomasse pour la production d'électricité à 10 kW, 40 kW et 100 kW provenant d'un assortiment de sources de biomasse. Les résultats de l'analyse peuvent être utilisés pour identifier la viabilité de la production d'électricité provenant de la combustion en termes de disponibilité de la matière première, la viabilité financière des différentes échelles de production d'électricité, la capacité de production électrique optimale et la combinaison de matières premières et les avantages socio-économiques qui peuvent être atteints pour chaque système de production. Les informations générées par l'analyse peuvent également être utilisées comme base de départ pour discuter des stratégies possibles pour promouvoir le développement de l'électrification par systèmes de combustion de la biomasse dans les zones rurales sans accès à l'électricité en cours.

La section suivante décrit le déroulement de l'analyse et les options de cette composante. La méthodologie de base pour l'analyse financière de combustion, la collecte et le stockage la biomasse sont décrits en détail dans l'Annexe.

FR - OUTIL D'EVALUATION RAPIDE POUR L'ÉLECTRIFICATION RURALE – COMBUSTION

1

Description du Processus de Combustion Saisie de Données SUIVANT >> Demande d'Énergie

Déni de responsabilité

La FAO décline toute responsabilité quant aux erreurs ou défauts des textes du présent site et des bases de données y afférentes, ainsi que pour les dommages pouvant en résulter. La FAO décline également toute responsabilité quant à la mise à jour des données et se dégage de toute responsabilité quant aux erreurs ou omissions concernant les données fournies. Les utilisateurs sont toutefois invités à signaler toute erreur ou lacune de ce produit à la FAO. Les choix des calculs faits dans le présent outil sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les choix et opinions de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

© FAO, 2014

Figure 4: Outil d'Évaluation Rapide pour l'Électrification Rurale

5 Utilisation de la *Composante Combustion*

Le déroulement de l'analyse au sein de la *Composante Combustion* et les relations avec les autres composantes est représenté dans la Figure 5. L'utilisateur a le choix de sélectionner les composantes d'analyse dans un ordre différent ou même d'omettre certains éléments. Il est toutefois fortement recommandé que l'utilisateur suive l'ordre et la circulation de l'analyse de référence décrit ci-dessous, étant donné que la *Composante Combustion* repose sur les informations générées dans le module *Ressources Naturelles* et certaines informations peuvent renvoyer à d'autres modules pour contextualiser les résultats de l'analyse. Les résultats de cette composante sont essentiels à la compréhension de l'analyse. Lors de l'interprétation des résultats, l'utilisateur doit prendre en compte tous les facteurs fiables, notamment ceux qui font référence aux aspects liés à la sécurité alimentaire, au commerce agricole et à l'utilisation durable des ressources naturelles.

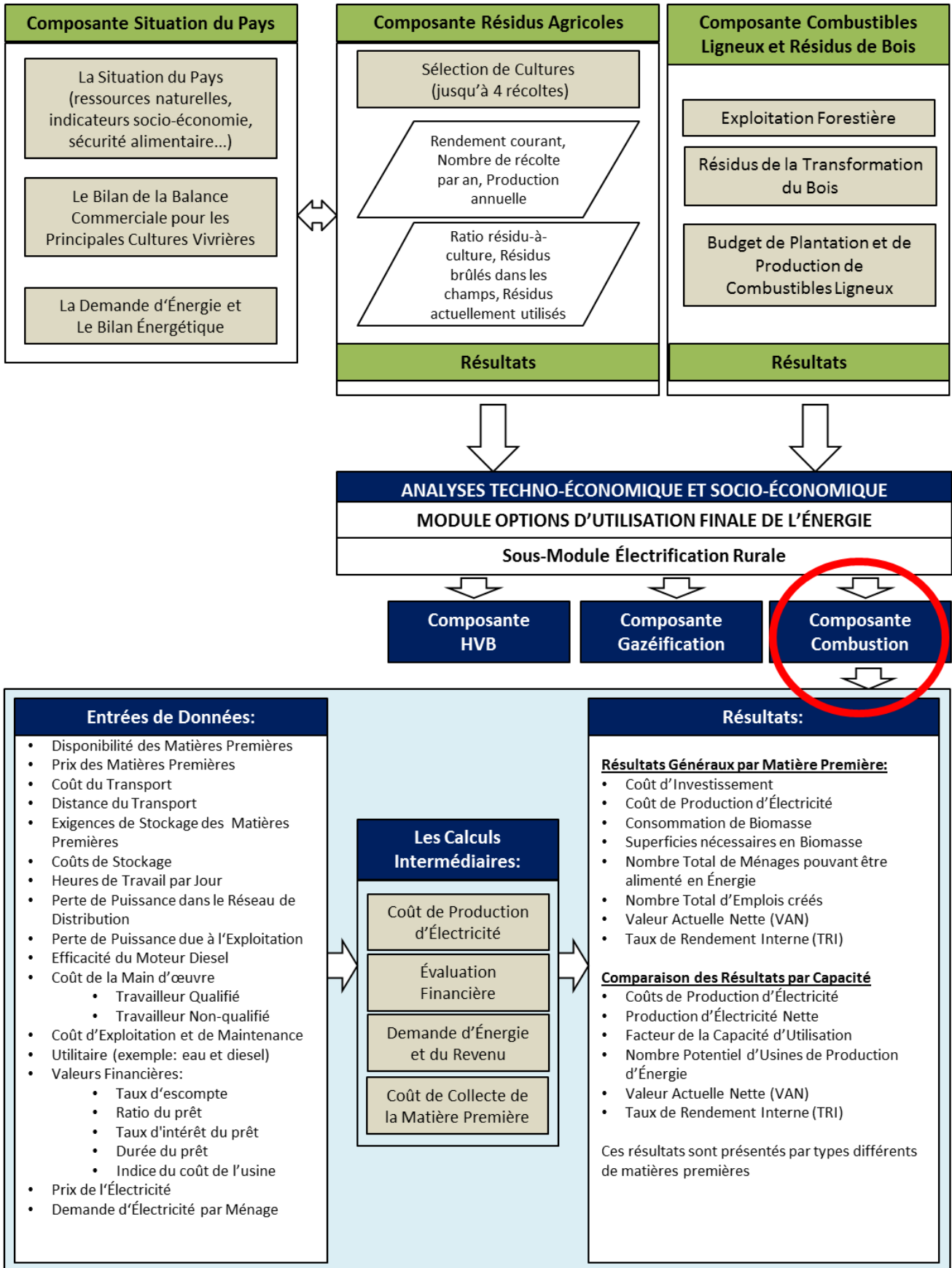


Figure 5: Le Déroulement de l'Analyse de la Composante Combustion et les Relations avec d'Autres Modules et Composantes de BEFS RA

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 placées sur le haut et le 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, à l'aide d'un exemple de la *Composante Résidus Agricoles* pour alimenter le système de combustion pour produire de l'énergie dans une zone rurale éloignée sans accès à l'électricité en cours. Tous les paramètres d'entrée sont basés sur une situation générique.

Au début de l'analyse, l'utilisateur doit choisir sa préférence linguistique afin de visualiser l'outil dans cette langue même (Figure 4, étiquette 1). Les choix sont : Anglais (EN), Français (FR), Espagnol (ES). Ensuite, l'utilisateur dispose de trois options, avec les boutons de navigation suivantes: "Description du Processus de Combustion", "Saisie de Données" et "Demande d'Énergie", comme le montre la Figure 4.

5.1 Étape 1: La demande en énergie

L'utilisateur doit saisir la consommation d'électricité par ménage (kWh/mois) comme défini dans le module *Situation de Pays* (Figure 6).

Figure 6: La Demande en Énergie

5.2 Étape 2: Définir la matière première

Avant de procéder à l'analyse, l'utilisateur peut charger les valeurs par défaut pour l'exécution de cette composante en cliquant sur "Charger les Valeurs par Défaut" comme le montre la Figure 7, étiquette A.

Étape 2.A Sélection de la matière première

L'utilisateur doit:

1. Sélectionner une culture(s) et un résidu associé à la culture dans le menu déroulant. Sont inclus dans la liste : les 15 principales cultures vivrières/culture de rente, deux types de résidus de bois et des briquettes (Figure 7, étiquette 1). Jusqu'à quatre résidus de récolte peuvent être analysés en même temps.

SAISIE DE L'ÉLECTRICITÉ ET/OU DU CHAUFFAGE RURALE - COMBUSTION

<< RETOUR Début
Entrer les Valeurs par Défaut A
Effacer les Données
Description du Processus de Combustion
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

	Matière Première 1	Matière Première 2	Matière Première 3	Matière Première 4
Matières Premières	manioc	maïs	noix de coco	palmier à huile
Potential des matières premières (t/an)	2,500	3,500	3,000	1,800
Rendement des matières premières (t/ha)	2.00	1.50	4.00	3.00
Humidité (%)	12%	15%	7%	2%
Dimensions (mm)	77	59	56	25
Prix des matières premières (USD/t)	17.22	-	-	-
Coût de stockage des matières premières (USD/t)	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000

Matières Premières

Potential des matières premières (t/an) 2

Rendement des matières premières (t/ha)

Humidité (%) 3

Dimensions (mm)

Prix des matières premières (USD/t)

Utilisez le calculateur de définition de prix 4

Prix du marché (transport exclu)

Coût de stockage des matières premières (USD/t)

Calculateur de Prix 1	Calculateur de Prix 2	Calculateur de Prix 3	Calculateur de Prix 4
\$ 17.22	\$ -	\$ -	\$ -

Calculateur de Stockage 1	Calculateur de Stockage 2	Calculateur de Stockage 3	Calculateur de Stockage 4
\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000

Coût de Production 1
Coût de Production 2
Coût de Production 3
Coût de Production 4

Figure 7: Sélection des Matières Premières

- Entrez les données sur les matières premières disponibles (t/an) ainsi que le rendement (t/ha) des résidus de cultures sélectionnées (Figure 7, étiquette 2). *Ces informations sont générées dans le module Ressources Naturelles.*
- Le taux en humidité (%) ou la moyenne des pourcentages du contenu en humidité des résidus de cultures sélectionnées et la taille (mm) ou la taille moyenne de la matière première en millimètres sont automatiquement générés à partir de la base de données dans l'outil (Figure 7, étiquette 3).

Pour cet exemple, les éléments suivants ont été sélectionnés : Matière Première 1 "Tige de Manioc", Matière Première 2 "Épi de Maïs", Matière Première 3 "Noix de Coco" et Matière Première 4 "Rafles de Palmier à Huile" (Figure 7).

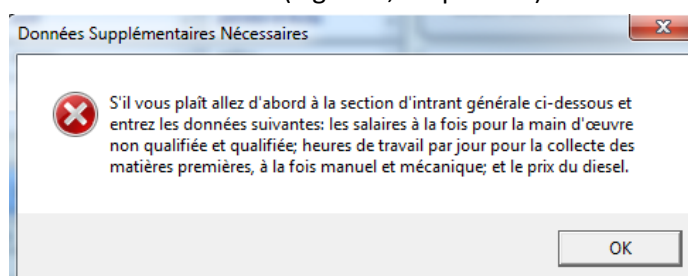
Étape 2.B Prix des matières premières (USD/t)

L'utilisateur a deux options pour déterminer le prix de la matière première:

A. S'il existe un prix courant pour cette matière première dans le pays, l'utilisateur clique sur la touche "Prix du Marché (transport exclu)" (Figure 7, étiquette 4) et insère directement le prix de la matière première sélectionnée (en USD/t) dans les cases correspondantes.

B. S'il *n'existe pas* de prix courants pour cette matière première, l'utilisateur peut estimer ce coût en cliquant sur la touche "Utiliser la Calculatrice de Définition du Prix" (Figure 7, étiquette 4).

L'utilisateur recevra un "Avertissement" avant de continuer à utiliser la calculatrice, et il/elle devra insérer ce qui suit :



- Le salaire en USD/heure/employé de la main-d'œuvre à la fois qualifiée et non-qualifiée dans "coût de la main-d'œuvre".
- Les heures de travail et le prix du diesel dans les lignes correspondantes de la "collecte de matières premières".

La feuille de calcul "Calculateur de Prix" (Figure 8) aide l'utilisateur à estimer le prix de la matière première potentielle sur base de l'état physique et de la méthode de collecte de la matière première.

CALCULATRICE DES FRAIS DE PERCEPTION POUR TIGE DE MANIOC

<< RETOUR
Entrée de Données

<< RETOUR
Coût de Production 1

Cachez cette fiche

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

Définition de la collecte de biomasse

Sources de biomasse

Méthode collecte

Résidus agricoles répartis dans le champs

Semi-mécanisé

Définition du prix de la biomasse

Coût de la main-d'oeuvre		Quantité	Unité	Quantité		Unité	Total	Unité	
Nombre de travailleurs qualifiés		20	person-heures/ha	Salaire de la main-d'oeuvre qualifiée	\$	2.00	USD/person-heures	\$ 26,425	USD/an
Nombre de travailleurs non qualifiés		5	person-heures/ha	Salaire des travailleurs non qualifiés	\$	1.25	USD/person-heures	\$ 4,129	USD/an
							Sous-total	\$ 30,554	USD/an
Machines et coûts d'exploitation		Quantité	Unité	Quantité		Unité	Total	Unité	
Économie moyenne de carburant		0.5	l/h	Prix du carburant	\$	1.00	USD/l	\$ 12,500	USD/an
							Sous-total	\$ 12,500	USD/an
							Total	\$ 43,054	USD/an

Prix de la sélection de tige de manioc \$ 17.22 USD/t

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

Pour utiliser la calculatrice, l'utilisateur devra:

1. Identifier *l'état physique de la matière première* à partir de l'une des options suivantes (Figure 8, étiquette 1):
 - Résidus agricoles répartis sur les champs
 - Résidus agricoles recueillis dans les champs
 - Résidus agricoles provenant de la transformation de produits alimentaires
 - Foresterie
 - Résidus forestiers et de plantation
 - Les résidus de l'industrie du bois

2. Sélectionner la *méthode de collecte de la biomasse* (Figure 8, étiquette 2) parmi les options suivantes:
 - manuelle
 - semi-mécanisée
 - mécanisée

Remarque: Le type de main d'œuvre et de diesel dépendra de la méthode de collecte: manuel, semi-mécanisée et mécanisée.

3. Entrer les exigences de travail de la main-d'œuvre (heures-personnes/hectare) et les besoins en carburant (litres/heure) associés à la méthode de collecte de la biomasse sélectionnée (Figure

Note: La méthode de collecte peut être identifiée selon les pratiques similaires actuellement en vigueur dans le pays.

8, étiquette 3). Pour retourner à la section précédente l'utilisateur doit cliquer sur le bouton "<<Retour Saisie de Données".

Le calculateur génère automatiquement un prix de la matière première (Figure 8), qui est lié à la feuille "Saisie de Données" pour des calculs additionnels.

4. L'utilisateur devra effectuer des opérations similaires pour chaque matière première sélectionnée.

Pour cet exemple, on suppose que la Matière Première sélectionnée 1 la "Tige de Manioc" provient « des résidus agricoles qui sont propagés dans le champ » et que le niveau de collection est "semi-mécanisée". Le nombre de personne/heure pour les travailleurs qualifiés (opérateur de la machine) est de 20 et pour les travailleurs non qualifiés est 5 et la consommation de carburant diesel de la machine est de 0.5 litres par heure. En se basant sur le fait que le travail manuel demande 8 heures de travail par jour alors que le travail mécanisé en demande 16 heures et que le prix du diesel de 1 USD par litre, un prix de procuration de la matière première sera estimé à 17.22 USD par tonne (Figure 8).

Étape 2.C: Prix de stockage des produits agricoles (USD/t)

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

Étape 2.C.2 L'utilisateur peut déterminer un proxy pour cette valeur et devra faire ce qui suit:

1. Identifier, à partir des options présentées dans le Tableau 1, un type de stockage des matières premières associé similairement aux conditions du pays.
2. Pour l'option de stockage sélectionnée, voir le coût de construction global prévu dans le Tableau 1.
3. Saisir la valeur approximative (USD/tonne) dans la cellule respective pour chaque matière première.

Tableau 1 : Estimer le Coût de Stockage

Estimer du Coût de Stockage	Unité	Min	Moyenne	Max
Structure fermée avec plancher de roche concassée	USD/tonne	10	12.5	15
Structure ouverte avec plancher de roche concassée	USD/tonne	6	7	8
Bâche réutilisable sur pierre concassée	USD/tonne	n/a	3	n/a
En dehors sans protection sur la pierre concassée	USD/tonne	n/a	1	n/a
En dehors sans protection sur le sol	USD/tonne	n/a	0	n/a

Source: (EPA, 2007)

Pour cet exemple, toutes les matières premières sont stockées sur la roche concassée et couverts par une bâche réutilisable. Le coût du stockage est de 3 USD/tonne. (L'utilisateur saisit le coût dans les cellules correspondantes, comme indiqué sur la Figure 9, étiquette 1).

SAISIE DE L'ÉLECTRICITÉ ET/OU DU CHAUFFAGE RURALE - COMBUSTION

<< RETOUR Début

Entrer les Valeurs par Défaut

Effacer les Données

Description du Processus de Combustion

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

	Matière Première 1	Matière Première 2	Matière Première 3	Matière Première 4
	manioc	maïs	noix de coco	palmier à huile
	tige	épi	écorce	raffes
Potential des matières premières (t/an)	2,500	3,500	3,000	1,800
Rendement des matières premières (t/ha)	2.00	1.50	4.00	3.00
Humidité (%)	12%	15%	7%	2%
Dimensions (mm)	77	59	56	25
Prix des matières premières (USD/t)	Calculateur de Prix 1	Calculateur de Prix 2	Calculateur de Prix 3	Calculateur de Prix 4
Utilisez le calculateur de définition de prix	\$ 17.22	\$ -	\$ -	\$ -
Prix du marché (transport exclu)				
Coût de stockage des matières premières (USD/t)	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
	Calculateur de Stockage 1	Calculateur de Stockage 2	Calculateur de Stockage 3	Calculateur de Stockage 4

Coût de Production 1

Coût de Production 2

Coût de Production 3

Coût de Production 4

Figure 9: Coût de Stockage de Matières Premières

Étape 2.C.3 Afin de calculer les besoins en capacité de stockage, l'utilisateur doit cliquer sur le "Calculateur de Stockage" (Figure 9, la flèche rouge). Cela dirige l'utilisateur vers la calculatrice de Stockage de la Biomasse (Figure 10). Sur cette feuille de calcul, l'utilisateur doit:

1. Sélectionner le mois de la moisson (Figure 10, étiquette 1).
2. Saisir le taux de stock de sécurité de la biomasse (%) qui est le pourcentage de biomasse nécessaire pour assurer l'approvisionnement continu en matières premières pour faire face à l'incertitude de la production telle que la disponibilité saisonnière, les inondations, la sécheresse et d'autres facteurs. Ce taux % est utilisé pour estimer la capacité de stockage (Figure 10, étiquette 2).
3. Cliquer sur "Calculer" (Figure 10, étiquette 3) pour calculer automatiquement la quantité de la capacité de stockage maximale (en tonnes) et de stockage de sécurité minimale (tonnes/mois) requis pour chacune des capacités prédéfinies (Figure 10, étiquette 4).
4. Cliquer sur "OK" pour revenir à la feuille Besoins de Saisie de Données (Figure 10, étiquette 5).
5. Répéter la même étape pour toutes les matières premières.

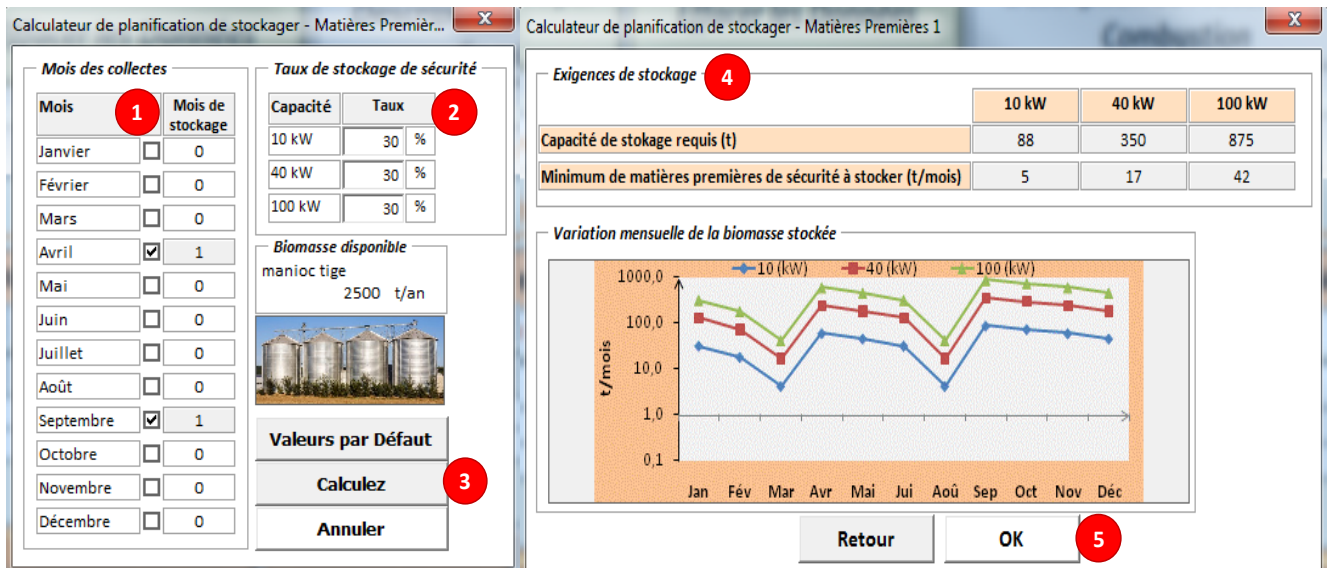


Figure 10: Calculateur de Stockage des Matières Premières

Pour cet exemple, la matière première 1 est récoltée durant 2 mois : Avril et Septembre. Par conséquent, la capacité de stockage requise est de 88 tonnes pour une capacité de production de 10 kW. La charge minimale de sécurité pour stocker est de 5 tonnes par mois. Pour d'autres capacités prédéfinies s'il vous plaît voir la Figure 10.

5.3 Étape 3: Définir le prix de l'électricité

Le prix de l'électricité est utilisé pour analyser le chiffre d'affaires total de la production d'électricité provenant de l'installation du système de gazéification. L'utilisateur sélectionne un procédé pour définir le prix de l'électricité à partir des options suivantes:

- A. Méthode 1:** Utilisation de la calculatrice pour définir le prix de l'électricité sur la base d'un système de générateur diesel. Pour exécuter cette option, l'utilisateur doit:
1. Sélectionner "Méthode 1" pour définir le prix de l'électricité (Figure 11, étiquette 1).
 2. Cliquer sur "Calculateur de Prix de l'Électricité" (Figure 11, étiquette 2).
 3. Dans "Calculateur de Prix de l'Électricité" saisir les informations suivantes (Figure 11, boîte rouge). Cependant, si aucune donnée spécifique n'est disponible, l'outil fournira des valeurs par défaut (Figure 11, étiquette 3).
 - Technologie actuelle d'électricité:
 - Capacité du générateur diesel (kW)
 - Heures de fonctionnement par jour
 - Jour de fonctionnement par an
 - L'efficacité typique (%)
 - Paramètres de coûts:
 - Coûts du diesel (USD/litre)
 - Coût de transport du diesel (USD/t/km)
 - Distance de transport (km)
 - Coûts d'exploitation et d'entretien (USD/kWh)
 - Coût de l'équipement (USD)

4. Une fois toutes les données saisies, cliquez sur "Calculer" (Figure 11, étiquette 4).
5. L'outil fournira le coût comparatif de production d'électricité (Figure 11, étiquette 5). Ce dernier est lié à la feuille de calcul "Saisie de Données" et sera utilisé dans des calculs ultérieurs.

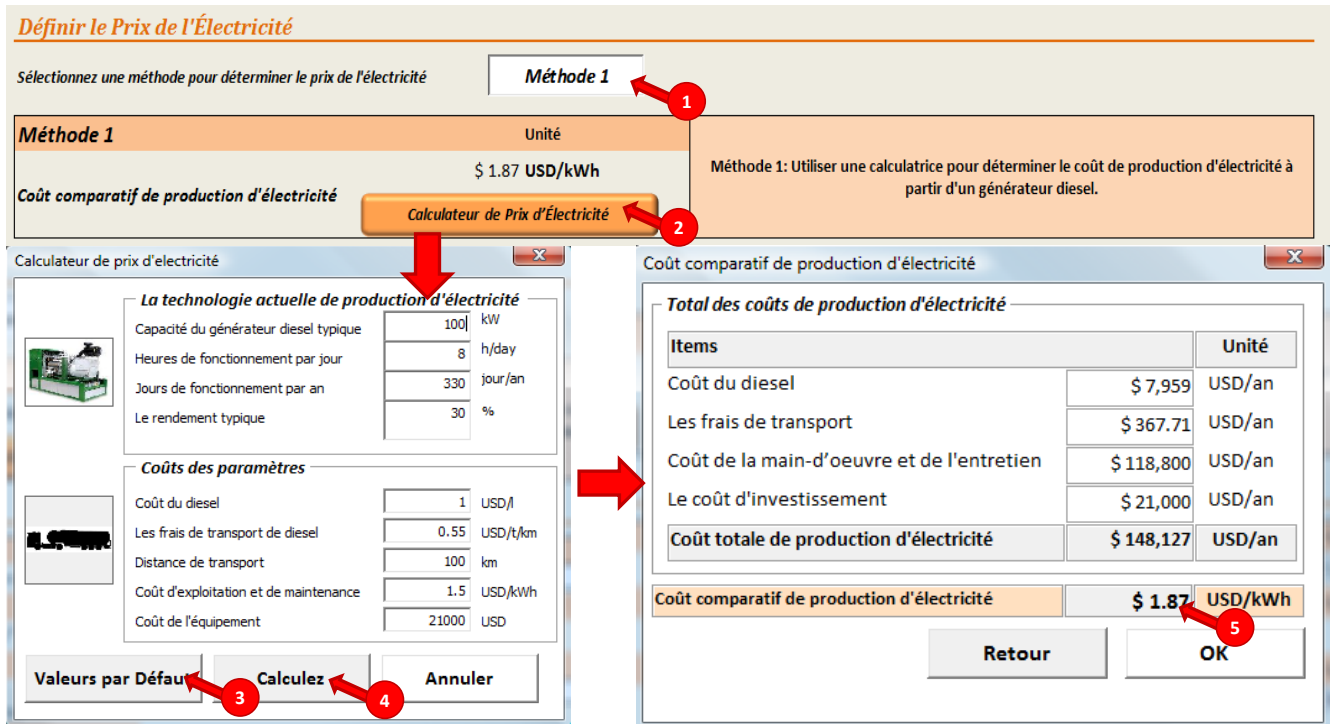


Figure 11: Prix de l'Électricité Définition - Méthode 1

B. Méthode 2: Utiliser un prix de l'électricité identifié par l'utilisateur. L'utilisateur identifie un prix de l'électricité en USD/kWh. Ce prix peut être le prix actuel du réseau national ou le prix de l'électricité qui est produit à partir des options énergétiques décentralisées par exemple l'énergie solaire, les petites centrales hydroélectriques, etc. Pour utiliser cette analyse, l'utilisateur doit:

1. Sélectionner "Méthode 2" pour définir le prix de l'électricité (Figure 12, étiquette 1).
2. Entrez le prix de l'électricité payé par le client (Figure 12, étiquette 2).

Note: Ce prix pourrait inclure les subventions. Il est conseillé de prendre cela en considération et évaluer attentivement la probabilité que ce prix reflète le prix payé par les consommateurs ruraux.

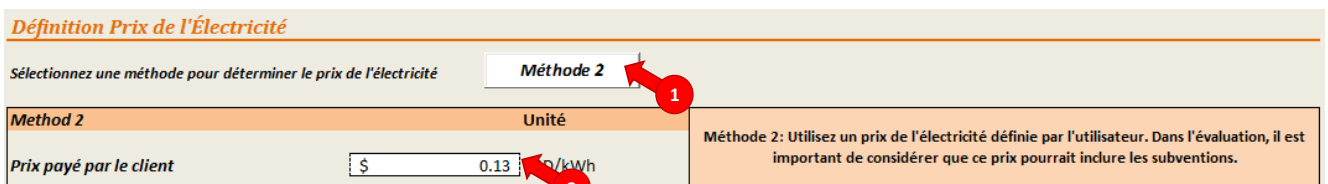


Figure 12: Définition du Prix de l'Électricité - Méthode 2

Pour cet exemple, l'utilisateur peut utiliser le prix minimum de l'électricité payé par les clients qui est de 1.87 USD/kWh (résultat de la Méthode 1, comme indiqué dans la Figure 11) ou 0.13 USD/kWh (la Méthode 2 pour définir le prix payé par client comme le montre la Figure 12) pour des analyses ultérieures.

5.4 Étape 4: Coût de production et paramètres financiers

Les intrants généraux requis pour exécuter les opérations sont présentés sur la Figure 13. L'utilisateur devra fournir des données sur:

Coût de Production et les Paramètres Financiers			
Main-oeuvre		Unité	Unité
Ouvrier non qualifié	\$ 1.25	USD/personne-h	Ouvrier qualifié
			\$ 2.00
			USD/personne-h
Utilitaires		Unité	Unité
Eau	\$ 0.47	USD/m ³	
Collection de matières premières		Unité	Unité
Heures de travail par jour (manuel)	8	h/jour	Heures de travail par jour (mécanisé)
			16
			h/jour
Diesel	\$ 1.00	USD/litre	
Frais de transport		Unité	
Matières premières (le point à l'usine de collection)	\$ 0.09	USD/t/km	
Autres coûts		Unité	Unité
Frais généraux et administratifs (%)	10%		Coût de maintenance (%)
			25%
Frais généraux de l'usine (%)	20%		Coût divers (%)
			20%
Paramètres financiers		Unité	Mise à jour des coûts d'investissement
Taux d'escompte	10%		
Ratio du prêt	50%		Usine Indice du Coût pendant 6/2014
Taux d'intérêt du prêt	12%		http://base.intratec.us/home/ie-index
Durée du prêt	5	an	157.30

Figure 13: Intrants Généraux

- Coût de la main d'œuvre (USD/personne-h)** : le taux de travail pour les travailleurs qualifiés et non qualifiés (USD par personne et par heure). Ces paramètres sont nécessaires pour calculer le prix des matières premières (comme expliqué à l'étape 2.B) et le coût du travail de processus de combustion.
- Coût des services publics** : le prix de l'eau (USD/m³).
- Collecte de matières premières** : ces paramètres sont nécessaires pour calculer le prix des matières premières comme expliqué dans l'étape 2.B. L'utilisateur entre les heures de travail requis pour le travail manuel, les heures de travail nécessaires en cours d'exécution de la machine et le prix du diesel.
- Coût de transport des matières premières (USD/t/km)** : le coût de transport de la matière première à partir des points de collecte pour les installations de combustion. L'utilisateur devra:
 - Identifier les méthodes actuelles de transport 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 par tonne et par km.

Conseils: Cela peut être basée sur les produits agricoles non transformés.

Conseils: Si le mode de transport se fait par la personne ou à vélo, il est recommandé à 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 par l'équation suivante:

Les frais de transport (USD / tonne / km)

= Salaires horaires (USD / heure / personne) x temps de travail (heures)

Distance de transport (km) x transport matières premières (tonne / personne)

Alternativement, l'utilisateur peut inclure ce coût dans le coût de la collecte des matières premières en ajoutant ceci à le nombre de travailleurs à l'**Étape 2.B** (prix d'estimation des matières premières), puis entrez un coût nul pour le transport des matières premières du point de la collecte à l'usine.

5. Autres coûts (%) : L'utilisateur saisit le pourcentage :

- Frais généraux et administratifs,
- Frais généraux de l'usine,
- Coût de maintenance et
- Coût divers.

Ces paramètres sont utilisés pour estimer le coût de production d'électricité.

6. Paramètres financiers : L'utilisateur identifie les valeurs des paramètres financiers suivants:

- Taux d'escompte,
- Ratio du prêt,
- Taux d'intérêt du prêt,
- Durée de prêt (années) et
- L'index du cout d'usine

Les données de l'index du coût de l'usine pour le coût de l'équipement sont obtenues à partir de la documentation technique et basées sur les conditions techniques et économiques du passé. Par conséquent, l'indice Intratec Chemical Plant Construction (IC), un indice utilisé comme approximation pour mettre à jour les variations en capital des coûts d'une usine de produits chimiques qui tient compte de l'inflation/déflation des prix et des conditions économiques, est appliqué à l'outil BEFS RA. Cet indice est librement mis à jour et disponible sur (<http://base.intratec.us/home/ic-index>).

Pour cet exemple, les valeurs indiquées sur la Figure 13 ont été utilisées pour effectuer l'analyse.

5.5 Étape 5: Calcul du coût de production d'électricité

Après avoir saisi toutes les données nécessaires dans les Étapes 1 à 3, l'utilisateur clique sur le bouton "Coût de Production#" (Figure 14, étiquette A).

Note: Cette section illustre également les budgets pour calculer les coûts de traitement. Ces calculs sont effectués automatiquement à l'aide des informations saisies par l'utilisateur dans les étapes précédentes. Ici, l'utilisateur peut les examiner (voir section 7.1 pour plus de détails).

SAISIE DE L'ÉLECTRICITÉ ET/OU DU CHAUFFAGE RURALE - COMBUSTION

<< RETOUR Début
Entrer les Valeurs par Défaut
Effacer les Données
Description du Processus de Combustion
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

	Matière Première 1	Matière Première 2	Matière Première 3	Matière Première 4
	manioc	maïs	noix de coco	palmer à huile
	tige	épi	écorce	raffles
Potentiel des matières premières (t/an)	2,500	3,500	3,000	1,800
Rendement des matières premières (t/ha)	2.00	1.50	4.00	3.00
Humidité (%)	12%	15%	7%	2%
Dimensions (mm)	77	59	56	25
Prix des matières premières (USD/t)	Calculateur de Prix 1	Calculateur de Prix 2	Calculateur de Prix 3	Calculateur de Prix 4
Utilisez le calculateur de définition de prix	\$ 17.22	\$ -	\$ -	\$ -
Prix du marché (transport exclu)				
Coût de stockage des matières premières (USD/t)	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
	Calculateur de Stockage 1	Calculateur de Stockage 2	Calculateur de Stockage 3	Calculateur de Stockage 4

Coût de Production 1

Coût de Production 2

Coût de Production 3

Coût de Production 4

Figure 14: Calcul des Coûts de Production

Cela va diriger l'utilisateur à la section coûts de traitement pour la matière première sélectionnée (Figure 15).

COUTS DE TRAITEMENT POUR LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DE TIGE DE MANIOC

<< RETOUR Entrée de Données
Description du Processus de Combustion
Demande d'Énergie
SUIVANT >> Sommaire des Résultats Comparatifs
SUIVANT >> Sommaire des Résultats par Matière Première

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

Résumé des Matières Premières et du Stockage

Matières premières disponibles (t/an)	2,500
Rendement des matières premières (t/ha)	2
Humidité (%)	12%
Dimensions (mm)	77
Coût de stockage de matières premières (USD/t)	\$ 3,000.00

Résumé des Paramètres Opérationnels

Chaudière	Stoker @ 20 bar
Turbine	Turbine à vapeur à contrepression
Facteur d'utilisation des capacités	33%
Conversion d'énergie (kWh/kg charge)	5.89
Efficacité de la chaudière (%)	63%
Efficacité de la turbine (%)	17%
Perte de puissance due à aux opérations (%)	15%
Heures de fonctionnement par jour	8
Perte de puissance dans le réseau de distribution (%)	6%

Paramètres financiers

Taux d'intérêt du prêt (%)	12%
Ratio du prêt (%)	50%
Durée du prêt (ans)	5
Taux d'escompte (%)	10%
Usine Indice du Coût pendant 6/2014	157
Prix de l'électricité (USD/kWh) - Défini par l'utilisateur	\$ 0.13
Durée de vie du projet	20

Distance de Transport des Matières Premières	Quantité à Transporter	Distance de Transport des Matières Premières	Quantité à Transporter
Distance de la production à petite échelle (km)	1 Petite échelle (t/an)	167	Distance de la production à grande échelle (km)
Distance de la production à moyenne échelle (km)	5 Moyenne échelle (t/an)	666	10 Grande échelle (t/an)
		Frais de transport (USD/t/km)	\$ 0.09

Figure 15: Les Coûts de Traitement pour la Production d'Électricité

Dans cette feuille de calcul, l'utilisateur devra saisir des données supplémentaires dans les cellules blanches:

- Pertes de courant dues aux opérations (%):** les pertes dues à un fonctionnement inapproprié de la combustion du système-moteur. Ces pertes sont estimées à 15%. Cependant, l'utilisateur peut saisir directement son propre paramètre (Figure 15, étiquette 1).

Note: Il pourrait être dû au manque de contrôle et de surveillance des unités de mesure de pression de gaz, de la composition du gaz, des fuites d'air, ou à des températures qui réduisent la capacité de puissance de l'installation.

Conseils: Les horaires de fonctionnement doivent être liés à la demande d'électricité dans la zone rurale examinée. Par exemple, Les horaires de fonctionnement sont de six heures par jour dans la soirée pour répondre à la demande d'éclairage dans les zones rurales A.

2. Heures de fonctionnement par jour: L'utilisateur saisit les heures d'opération par jour pour faire fonctionner le système de combustion⁶. Les heures de fonctionnement quotidiennes sont utilisées pour calculer le total des heures annuelles d'exploitation et le facteur de capacité, en supposant que le système de gazéification fonctionne 365 jours par an (Figure 15, étiquette 1).

3. Pertes de puissance dans le réseau de distribution (%):

L'utilisateur identifie la perte de courant (%) dans le réseau de distribution. Si cette information n'est pas facilement disponible, la base de données suivante peut être utilisée:

<http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS>

(The World Bank, n.d.) (Figure 15, étiquette 1).

Conseils: La perte de puissance dans la distribution du réseau électrique pourrait être utilisée comme approximation.

4. La distance de transport de la matière première à l'usine de combustion:

L'utilisateur identifie une distance estimée, en kilomètres, nécessaire au transport de la matière première. La distance de transport dépend de la disponibilité de la biomasse dans une zone particulière et la quantité de biomasse nécessaire pour chaque capacité de production (Figure 15, étiquettes 2 et 3).

Conseils: Les usines à petite échelle utilisent moins de biomasse par rapport aux moyennes et grandes usines. Par conséquent, la distance de transport pourrait être plus courte. Si la disponibilité de la biomasse dans ce zone est élevée et suffisante pour approvisionner toutes les échelles des usines de production, alors, les utilisateurs peuvent saisir la même distance de transport de matières premières pour toutes les échelles.

Une fois toutes les informations saisies, l'utilisateur doit cliquer sur "<<RETOUR Saisie de Données >>" pour revenir sur la feuille intitulée Saisie de Données. L'utilisateur peut procéder de la même manière pour toutes les matières premières.

⁶ Nouni, Mullick, & Kandpal, 2007

Pour cet exemple, le coût de "Production 1" et les valeurs de la "Tige de Manioc" ont été utilisés pour effectuer l'analyse:

Les pertes de puissance dues à l'exploitation (%): 15%

Les heures d'opération par jour: 8

Les pertes de puissance dans le réseau de distribution (%): 6%

La distance de transport de la matière première à l'usine de combustion:

Distance pour une usine à petite échelle: 1 km

Distance pour une usine à moyenne échelle: 5 km

Distance pour une usine à grande échelle: 10 km

Les quantités de transport qui sont générés automatiquement:

Usine à petite échelle: 167 t par an

Usine à moyenne échelle: 666 t par an

Usine à grande échelle: 1665 t par an

Ces paramètres sont utilisés pour une analyse ultérieure.

6 Hypothèses et Limites de la Composante Combustion

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 Combustion* sont :

1. Trois capacités de combustion sont considérées: 10kW, 40kW et 100kW.
2. La durée de vie de l'entreprise considérée est de 20 ans pour l'analyse financière.

Les détails sur les hypothèses clés et équations des calculs sont présentes en Annexe.

7 The Résultats de la Composante Combustion

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

Après avoir inséré toutes les données nécessaires (Étapes 1 à 5), l'utilisateur a le choix de revoir en détail les coûts de production comme montré dans la Figure 16. Cette feuille contient cinq principales sections, comme expliqué ci-dessous.

- **PARTIE 1** (Figure 16, étiquette 1) montre la répartition des coûts de production ainsi que les catégories suivantes: 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 trois capacités de production d'électricité (10 kW, 40kW et 100kW) sont présentés pour l'analyse comparative.
- **PARTIE 2** (Figure 16, étiquette 2) montre la production totale d'énergie, totale d'énergie qui est l'électricité en unité kWh par an (à noter que l'autoconsommation utilisée pour mettre en marche l'opération ainsi que la perte d'énergie dans le réseau de transmission et distribution ont été soustraites). Ces valeurs sont utilisées pour le calcul du chiffre d'affaires de combustion de la biomasse pour le système de production d'énergie. Les résultats sont présentés pour les trois capacités de production d'énergie.
- **PARTIE 3** (Figure 16, étiquette 3) montre le coût de l'électricité de l'unité (USD / kWh) pour les trois capacités de production d'électricité.
- **PARTIE 4** (Figure 16, étiquette 4) résume les détails du prêt, par exemple montant du prêt, intérêts d'emprunt, le paiement annuel de prêt, etc., pour l'analyse financière.
- **PARTIE 5** (Figure 16, étiquette 5) les boutons "Analyse Financière" vont ouvrir la feuille de calcul avec le détail sur l'analyse financière pour chaque système de production d'énergie.

Détails sur Les Coûts de Production

			Capacités (kW de production d'électricité)					
			10		40		100	
			HEURES de fonctionnement 2,920		HEURES de fonctionnement 2,920		HEURES de fonctionnement 2,920	
			Analyse Financière de 10 kW		Analyse Financière de 40 kW		Analyse Financière de 100 kW	
Intrants	Unité	Prix unitaire (USD/Unité)	Quantité (Unité/an)	Total (USD/an)	Quantité (Unité/an)	Total (USD/an)	Quantité (Unité/an)	Total (USD/an)
Matières premières	t	\$ 17.2	167	2,868	666	11,470	1,685	28,675
Composition de l'eau + additifs chimiques	m ³	\$ 0.9	76	69	305	277	763	693
Sous-total				2,937		11,748		29,368
Travail et le coût divers	Unité	Prix (USD/heure-personne)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)
Ouvrier non qualifié	# employé	\$ 1.3	1	3,650	3	10,950	6	21,900
Ouvrier qualifié	# employé	\$ 2.0	1	5,840	1	5,840	2	11,680
Coût divers			20%	1,898	20%	3,358	20%	6,716
Sous-total				11,388		20,148		40,296
Transport des matières premières	Unité	Prix (USD/r/km)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)
Matières premières (de la ferme à l'usine)	km	\$ 0.1	1	15	5	300	10	1,499
Sous-total				15		360		1,499
Stockage	Unité	Prix (USD/r/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)	Quantité (Unité)	Total (USD/an)
Matières premières	t	\$ 3.00	88	264	350	1,050	875	2,625
Sous-total				264		1,650		2,625
Investissement	Unité	ans	Total (USD)	Amortissement (USD/an)	Total (USD)	Amortissement (USD/an)	Total (USD)	Amortissement (USD/an)
Équipements	USD	20	35,144	1,757	131,596	6,580	339,056	16,953
Bâtiment	USD	20	1,910	95	2,500	125	3,679	184
Installation	USD	20	271	14	1,086	54	2,714	136
Réseau de distribution	USD	20	1,541	77	6,165	308	15,412	771
Investissement total			38,867		141,346		360,861	
Amortissement total				1,943		7,067		18,043
Coût de maintenance		25%		486		1,767		4,511
Sous-total				2,429		8,834		22,554
Autres coûts	Unité	Rate (%)	Total (USD/an)		Total (USD/an)		Total (USD/an)	
Frais généraux de l'usine	USD	20%		1,995		3,711		7,618
Frais généraux et administratifs cost	USD	10%		1,681		3,737		8,179
Intérêts du prêt	USD	12%		325		1,183		3,019
Sous-total				4,001		8,631		18,817
			Total (USD/an)	Part (%)	Total (USD/an)	Part (%)	Total (USD/an)	Part (%)
Total des coûts d'exploitation			14,664	63%	33,245	66%	73,768	64%
Total des coûts fixes			2,429	12%	8,834	17%	22,554	20%
Total des autres coûts			4,001	18%	8,631	17%	18,817	16%
Total des coûts de production			21,034		50,711		115,159	

Coût Total de Production + Distribution

			Capacités (kW de production d'électricité)					
			10		40		100	
Coût unitaire de l'électricité (USD/kWh)			\$ 1.01		\$ 0.61		\$ 0.55	
Intérêt moyen des prêts	Unité	Ratio du prêt (%)	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	50%	\$ 38,867	\$ 19,433	\$ 141,346	\$ 70,673	\$ 360,861	\$ 180,430
Taux d'intérêt du prêt	%			12%		12%		12%
Paiement du prêt	USD/mois		\$	-432	\$	-1,572	\$	-4,014
Paiement annuel du prêt	USD/an		\$	-5,187	\$	-18,865	\$	-48,163
Durée du prêt	an			5		5		5
Paiement total du prêt	USD		\$	-25,937	\$	-94,325	\$	-240,814
Intérêt du prêt	USD		\$	-6,504	\$	-23,652	\$	-60,384
Intérêt moyen des prêts	USD/an		\$	-325	\$	-1,183	\$	-3,019

Figure 16: Détail des Coûts de Production de l'Électricité par Capacité de Production d'Électricité

Pour cet exemple, le coût total de production d'électricité à partir de tige de Manioc de capacité de 10 kW est 21,034 USD/an et le coût unitaire de l'électricité est de 1.01 USD/kWh. La production totale d'énergie est 20,849 kWh/an. D'autres capacités prédéfinis sont présentées dans la Figure 16.

7.2 Les résultats sommaires par matières premières

L'information présentée dans cette section vise à aider l'utilisateur dans le processus de prise de décision pour appuyer le développement de la combustion de la biomasse pour la production d'électricité dans son pays. Les résultats visent à répondre aux questions suivantes:

- Quels sont les coûts par kWh d'investissement et de production pour les diverses capacités de production et les sélections de matières premières?
- Quelle quantité de biomasse et de surface est nécessaire pour garantir l'approvisionnement de la biomasse pour le développement des systèmes de combustion?
- Combien d'usines de combustion peuvent être potentiellement développées sur la base de la disponibilité de la biomasse?
- Combien de ménages peuvent avoir accès à l'électricité par la combustion de la biomasse?
- Combien d'emplois peuvent être créés par la combustion de la biomasse?
- Quel type de charge est plus approprié et pourrait être promu pour le système de combustion?
- Quelle est la viabilité financière du système de combustion?

Les résultats pour la *Composante Combustion* sont divisés selon trois grandes catégories: les Coûts de Production et d'Investissements; les Résultats d'Exploitation ; et l'Analyse Financière.

1. L'utilisateur sélectionne d'abord la charge qui doit être examinée à partir du menu déroulant (Figure 17, étiquette 1). Les résultats de cette charge d'alimentation spécifique seront générés.
2. Les résultats du coût de production et les investissements sont présentés comme suit :
 - Le coût de production et distribution d'électricité (USD par kWh) (Figure 17, étiquette 2). L'utilisateur peut comparer le coût de production au prix de l'électricité (selon la méthode sélectionnée dans l'Étape 3).
 - La part des coûts de production (%) (Figure 17, étiquette 3).
 - Le coût total de l'investissement (USD) du système de combustion par la capacité de production d'électricité (Figure 17, étiquette 4).

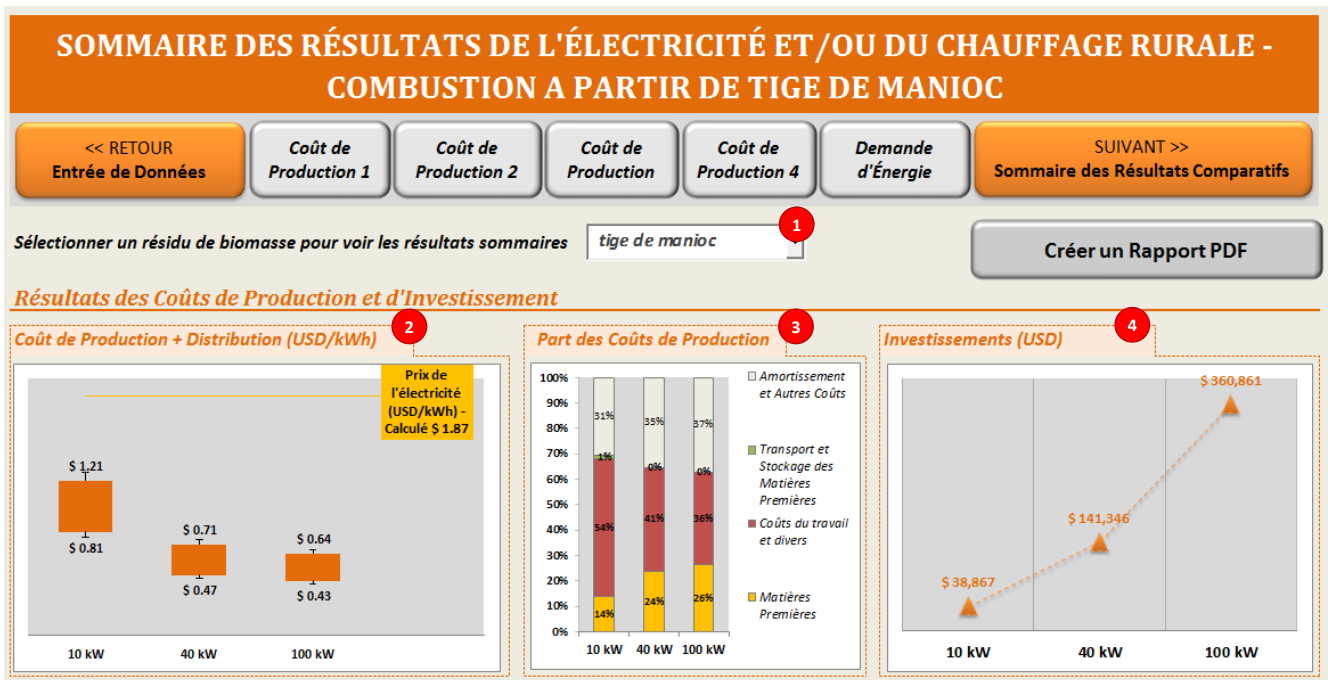


Figure 17: Les Résultats au Coût de Production et d'Investissement

Dans l'exemple lié à la tige de manioc, le coût de production et les coûts de distribution de 10 kW sont compris entre 0.81 à 1.21 USD par kWh. Ces coûts unitaires sont plus faibles que le prix de l'électricité de 1.87 USD/kWh (Méthode 1 à l'Étape 3 a été sélectionnée). Par conséquent, cette plante est un investissement possible et attrayant, par rapport à la possibilité d'exécuter une installation basée sur le diesel. Le coût d'investissement total de 10 kW est 38,867 USD. Pour d'autres capacités prédéfinies se référer à la Figure 17.

3. Les résultats techniques et opérationnels sont présentés comme suit :

- La biomasse nécessaire pour faire fonctionner le système sélectionné (tonnes par an) (Figure 18, étiquette 1).
- Les exigences de surface pour produire suffisamment de biomasse pour exécuter l'opération (ha) (Figure 18, étiquette 2).
- Le nombre d'installations d'usines de combustion qui peuvent être développées sur la base de la disponibilité de la biomasse (Figure 18, étiquette 3).
- Le nombre de ménages qui peut être fourni par chaque capacité de production d'électricité (Figure 18, étiquette 4).
- La création d'emplois totale par la mise en œuvre des systèmes prédéfinis de combustion (Figure 18, étiquette 5).

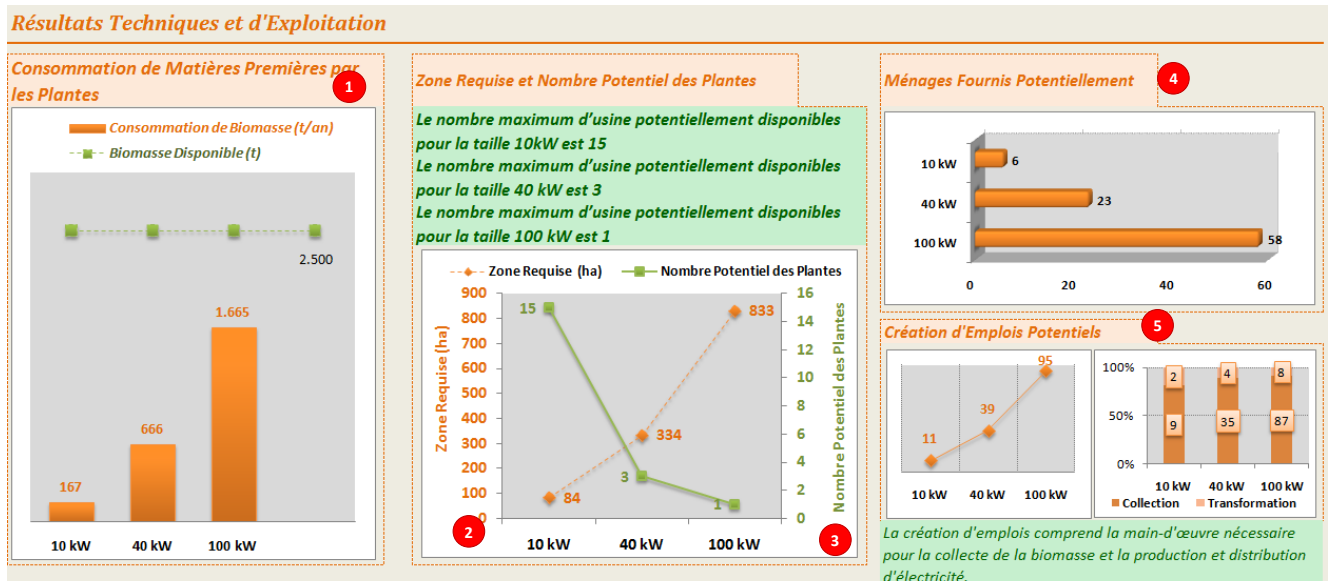


Figure 18: Les Résultats d'Exploitation

Pour l'exemple de la tige de manioc, la matière première disponible est de 2,500 tonnes par an, ce qui est suffisant pour alimenter pour assurer les trois capacités de production.

Selon la disponibilité des matières premières, 15 usines potentielles ayant une capacité de 10 kW et qui requièrent 84 hectares de surface pour développer les matières premières peuvent être construites. 6 ménages pourraient être alimentés en électricité à partir de la centrale de 10 kW. En outre, la création potentielle d'emplois due à l'installation de cette usine de combustion d'une capacité de 10 kW est de 11 emplois pour la collecte des matières première et leur transformation.

4. Les résultats de l'analyse financière (avant impôt) sont :
- Valeur Actuelle Nette (VAN) (Figure 19, étiquette 1)
 - Taux de Rendement Interne (TRI) (Figure 19, étiquette 2)

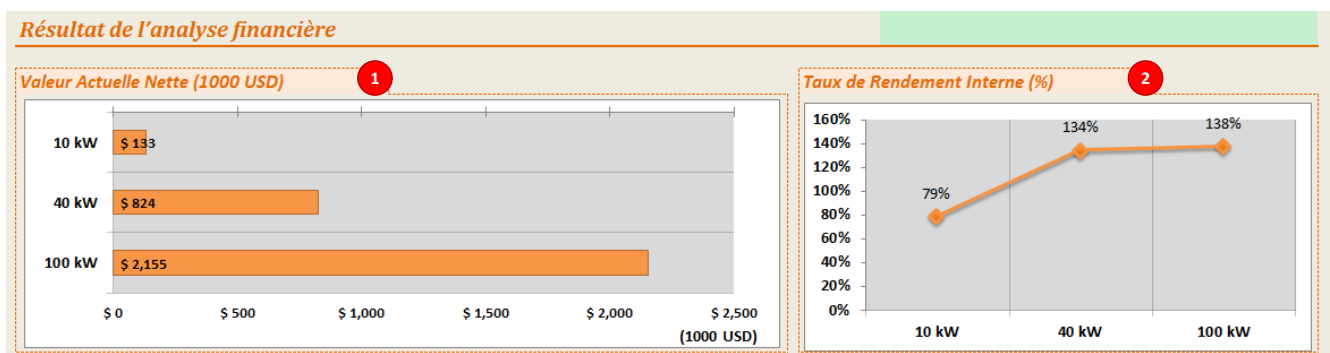


Figure 19: Résultats de l'Analyse Financière

Pour l'exemple de la tige de Manioc, la valeur actuelle nette (VAN) et le taux de rendement interne (TRI) de toutes les capacités sont positifs comme le montre la Figure 19.

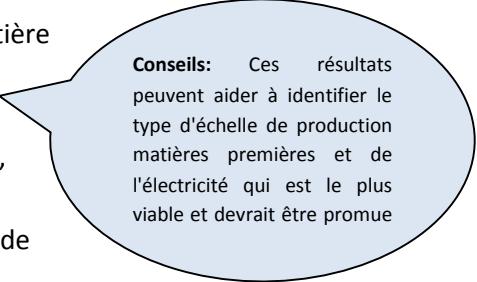
Il peut être conclu que l'option de la tige de manioc est envisageable pour la production d'énergie pour toutes capacités de l'usine.

L'utilisateur peut sauvegarder et imprimer les résultats en format PDF en utilisant "Créer un Rapport PDF" et en suivant les instructions (Figure 17, étiquette A).

7.3 Le résumé des résultats comparatifs

L'information présentée dans cette section permet à l'utilisateur dans le processus de prise de décision de développer la combustion de la biomasse pour la production d'électricité dans les zones rurales. L'utilisateur peut comparer les résultats entre les différentes matières premières sélectionnées dans l'analyse.

1. L'utilisateur commence par sélectionner la ressource de matières premières qu'il désire revoir en cliquant dessus. Les résultats concernant cette matière première lui seront fournis.
2. Les résultats de la comparaison sont présentés pour :
 - Comparaison des coûts de production par type de matière première (USD/kWh) (Figure 20, étiquette 1)
 - La production d'électricité nette et l'utilisation de la capacité par type de matière première (Figure 20, étiquette 2)
 - Nombre potentiel d'usine de combustion par type de matière première (Figure 20, étiquette 3)
 - Nombre total d'emplois qui peuvent être créés (Figure 20, label 4)
 - Nombre total de ménages qui peuvent être fournis (Figure 20, label 5)
 - Comparaison VAN (avant impôt) à travers les options de matières premières (Figure 20, étiquette 4)
 - Comparaison TRI (avant impôt) à travers les options de matières premières (Figure 20, étiquette 5)



Conseils: Ces résultats peuvent aider à identifier le type d'échelle de production matières premières et de l'électricité qui est le plus viable et devrait être promue

L'utilisateur peut sauvegarder et imprimer les résultats en format PDF en utilisant "Créer un rapport PDF" et en suivant les instructions (Figure 20, étiquette A).

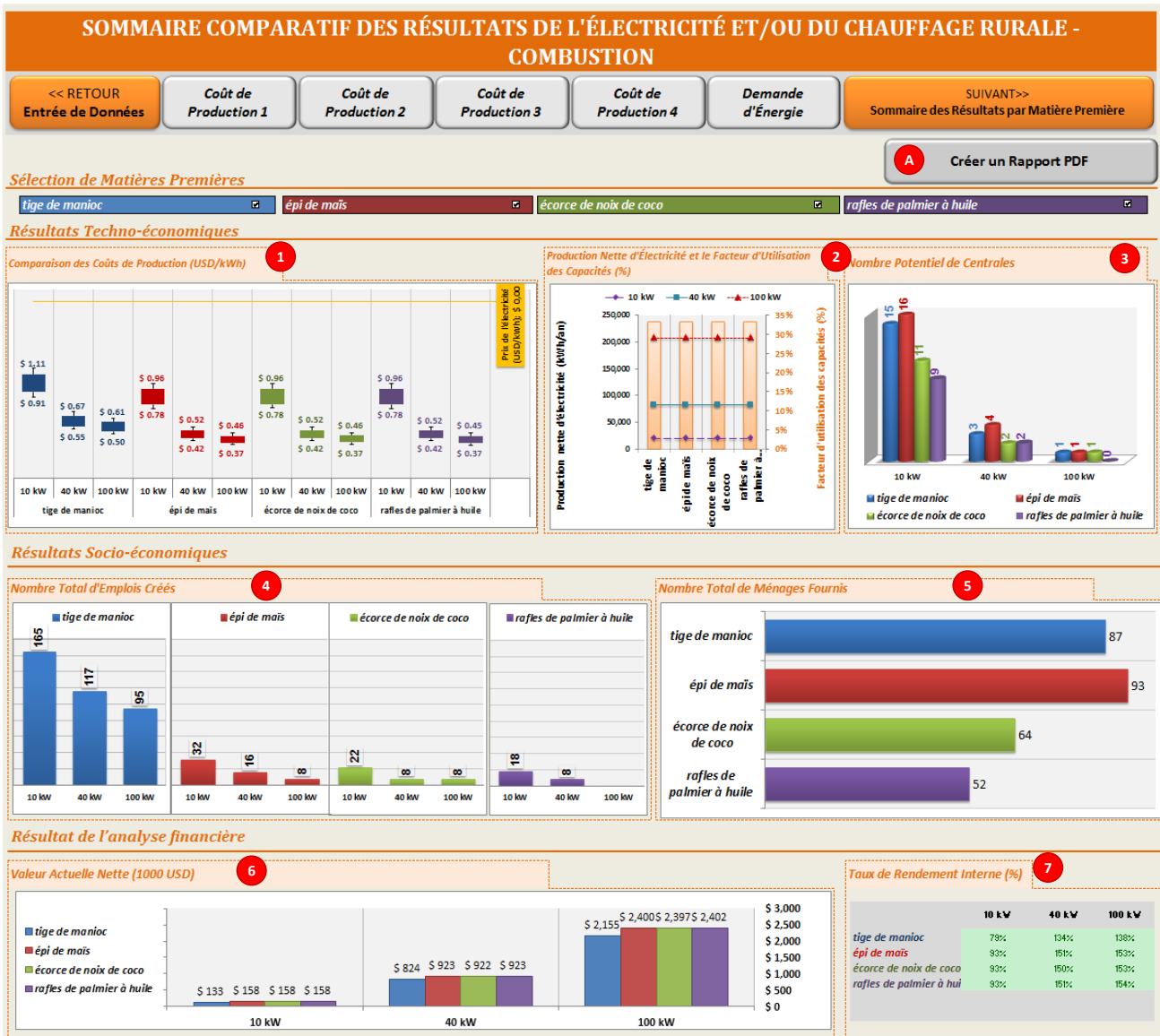


Figure 20: Mise en Page des Résultats Comparatifs

Pour l'exemple de la coquille de palmier à huile, le coût de production de l'électricité est plus faible par rapport à d'autres matières premières pour toutes les capacités de l'usine. La tige de manioc, l'épi de maïs et la noix de coco ont le coût de production le plus élevé. Par contre, toutes les matières premières offrent une VAN et IRR positive comme le montre la Figure 20.

On peut conclure que:

1. La tige de manioc, épi de maïs, noix de coco et la coquille de palmier à huile sont des options envisageables et sont disponibles pour la production d'énergie à toutes les capacités.
2. Compte tenu de la disponibilité des matières premières, un grand nombre de plantes à base d'épi de maïs peut être créé, impactant ainsi positivement le nombre de ménages alimentés dans le pays.
3. Du point de vue de la création d'emplois la tige de manioc est la meilleure option.
4. La coquille de palmier à huile est une option envisageable et disponible pour la production d'électricité à 10 kW ou 40 kW, mais pas suffisant pour la capacité de 100 kW.

8 Annexe

8.1 Méthodologie et Résultats

Cette section décrit les méthodes intégrées dans la *Composante Combustion*. 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 important pour ceux qui vont les mettre à jour et/ou travailler sur l'amélioration de l'outil.

8.1.1 Calcul des coûts des intrants requis

Les données requises sont constituées du coût des matières premières (biomasse), du coût de l'eau et du coût de la consommation de carburant diesel pour le démarrage. Les équations utilisées pour effectuer les calculs de coûts pour ces éléments sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Entrées Coût Équations

Item	Équation et Hypothèse	Remarque
Production de Vapeur	$ST = PG \times 3,600 / TE * (LW + SW) / OP$ <p>où: PG est le taux de production d'énergie (kWh) TE est l'efficacité de la turbine LW est l'enthalpie de vaporisation de l'eau (MJ/kg) à 10 bar SW est le changement d'enthalpie de l'eau (MJ/kg) de 1 à 10 bars OP est la période des heures opération (heures par année)</p>	La valeur par défaut de l'OP est 2920 heures par an La valeur par défaut de l'TE est 17%
Quantité de Matière Première	$QF = HB \times ST \times 10 / [BE \times PC \times (1 - \text{Perte de puissance due au fonctionnement}) * 3.6E6]$ <p>Où :</p> <p>QF est la quantité de matière première (tonne/an) HB est la chaleur de combustion dans la chaudière (MJ/kg) BE est l'efficacité de la chaudière PG est la production d'électricité (kWh/an) PC est le potentiel de conversion de puissance (en kWh/kg de matières premières)</p>	PC varie en fonction de la nature de la matière première Une perte de puissance due à l'exploitation est fixée à 15% La valeur par défaut du HB est fixée à 63%
Composition de l'eau	$WM = MR \times ST \times OP / 1000$ <p>Où :</p> <p>WM est l'eau d'appoint (m³ par an) MR est le taux de l'eau d'appoint (%) OP est la période des heures de fonctionnement (heures par an)</p>	La valeur par défaut du MR est définie comme étant 35%
Total des coûts des intrants	$TIC = (QF \times Cf) + (WC \times Cw) + (DC \times Cd)$ <p>Où :</p> <p>TIC est le total des coûts des intrants (USD /an) QF est la quantité de matière première (tonne/ an) WC est la consommation d'eau (m³/an) DC est la consommation de diesel (litres /an) Cf est le coût unitaire de la matière première (USD /tonne) Cw est le coût unitaire de l'eau (USD par m³) Cd est le coût unitaire de diesel (USD par litre)</p>	Le coût de l'oxygène comme agent de gazéification et la vapeur ne sont pas pris en compte dans cet outil.
La production d'électricité (PG) (kWh par an)	$\text{Capacité de puissance (kW)} \times \text{heures de fonctionnement/an}$	Heures de fonctionnement par an saisies par l'utilisateur.

	Où : Heures de fonctionnement par an = heures de fonctionnement par jour x 365 jours par an	
--	--	--

Pour calculer la consommation de la biomasse comme matière première

La quantité de matières premières est calculée sur la base de la production d'énergie en kWh par an et la transformation de la puissance de la biomasse en électricité à travers le système de combustion.

$$\text{Production de Vapeur } \left(\frac{t}{\text{an}}\right) = \frac{\text{Taux de Production d'énergie (kWh)} \times 3600 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kWh}}\right)}{\text{Efficacité de la Turbine (\%)} \times (\Delta H_{vap} + \Delta H_{liq}) \times \text{Heure de Fonctionnement } \left(\frac{h}{\text{an}}\right)}$$

Par conséquent, la consommation de la biomasse (kg/an) est calculée par

$$= \frac{\Delta H \text{ Chaudière} \times \text{Production de Vapeur } \left(\frac{t}{\text{an}}\right) \times 10}{\text{Efficacité de la chaudière (\%)} \times \text{Potentiel de Transformation de la Puissance } \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg biomasse}}\right) \times (1 - \text{Pertes de Puissances (\%)})}$$

Toutefois, pour calculer la consommation de la biomasse (kg/an) sur la base de la production d'énergie réelle les "pertes de puissance dues à un fonctionnement" doivent être prises en considération. Ces pertes sont dues à une utilisation incorrecte du système de moteur à combustion notamment l'absence de contrôle et de suivi des unités de mesure de pression de gaz, la composition du gaz, les fuites d'air et les températures etc. Par conséquent, la puissance délivrée sera inférieure à la capacité de l'usine. Ces pertes sont estimées à 15%.

8.1.2 Calcul des coûts du travail obligatoire

Cette étape présente les équations et les hypothèses de calcul de la main-d'œuvre et les coûts divers en fonction de la capacité de production d'électricité, comme indiqué dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Travail et Équations de Coûts Divers

Article	Equations et Hypothèse	Remarque
Nombre de travailleurs non-qualifiés	1 personne pour la capacité de 10 kW 3 personnes pour la capacité de 40kW 6 personnes pour la capacité de 100 kW	[7] (Dasappa, Subbukrishna, Suresh, Paul, & Prabhu, 2011)
Nombre de main-d'œuvre qualifiée	1 personne pour la capacité de 10 kW 1 personne pour la capacité de 40 kW 2 personnes pour la capacité de 100 kW	(Dasappa et al., 2011)
Coût du travail non-qualifié total (USD par an)	Le coût unitaire de la main-d'œuvre non qualifiée x nombre de travailleurs non qualifiés x heures de fonctionnement par an	Le coût unitaire de la main-d'œuvre non-qualifiée (USD/personne/heure) Intrant entré par l'utilisateur dans "saisies de données" Les heures d'opération par an sont les mêmes que celles utilisées dans le Tableau 2
Coût de main-d'œuvre qualifiée totale (USD par an)	Le coût unitaire de main-d'œuvre qualifiée x nombre de qualifiés travail x heures de fonctionnement par an	Le coût unitaire de main-d'œuvre qualifiée (USD / personne / heure) Intrant entré par l'utilisateur dans "saisies de données" Les heures d'opération par an sont les

		mêmes que ceux utilisés dans le Tableau 2.
Coût Divers (USD par an)	Pourcentage du coût divers (%) x (coût total de la main-d'œuvre non-qualifiée + coût total de main-d'œuvre qualifiée)	Pourcentage de l'apport de divers coûts par utilisateur. La valeur par défaut est de 10%
Le coût total du travail (USD par an)	Coût total de la main d'œuvre non-qualifiée + Coût total de la main d'œuvre qualifiée + coût divers	

Notez que les frais divers comprennent les prestations de travail, assurance vie et santé, les fournitures d'exploitation et / ou les frais de laboratoire (le cas échéant).

8.1.3 Le calcul des coûts de transports requis

Cette étape présente les équations de calcul de coût de transport, comme indiqué dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Transport des Équations de Coûts de Matières Premières

Article	Equation et Hypothèse	Remarque
Transport de matières premières (du champ à l'usine) (USD par an)	Coût unitaire de transport X la distance de transport x QF Où: QF est quantité de matière première (tonne par an)	Coût de transport unitaire (USD/tonne/km) et la distance de transport (km) entrés par l'utilisateur QF est calculé dans le Tableau 2.

8.1.4 Le calcul des coûts de stockage

Le Tableau 5 présente les équations de calcul pour estimer le coût de stockage.

Tableau 5 : Équations de Coûts de Stockage

Article	Équation et Hypothèse	Remarque
Capacité de stockage (tonne/an)	estimation de la capacité de stockage dans la feuille de calcul en appuyant sur le "calculateur de stockage"	
Les frais de stockage (USD par an)	Capacité de stockage x coût unitaire de stockage	Coût unitaire de stockage (USD/tonne) est entré par l'utilisateur sur la base des orientations fournies dans le manuel

8.1.5 Calcul de coût fixe

Coût fixe est constitué des coûts associés avec le réseau des équipements, la construction, l'installation et la distribution. Le Tableau 6 présente les équations et les hypothèses utilisées pour calculer le coût fixe et le coût d'amortissement.

Tableau 6 : Équations de Coûts Fixes

Articles	Équation et Hypothèse	Remarque
Le Coût des Équipements (CE) (USD)	La base de données de détail des coûts des équipements (CE) (USD) est fournie et ajustée en tenant compte de l'équipement de remplacement qui a une durée de vie	(U.S. Department of Energy, 2012a - 2012j)

	<p>inférieure à la durée de vie du projet. Le coût se compose du processus de prétraitement, du système de gazéification de la biomasse, du système de nettoyage des gaz, du système de moteurs à gaz.</p> <p>CE à la période actuelle = CE (année de référence) x [indice du coût de l'usine (période en cours) / Indice du coût de l'usine (année de base)]</p>	Indice du coût de l'usine (période en cours) entré par l'utilisateur
Coût de Construction (BC) (USD)	<p>La base de données du coût de construction d'un système de gazéification, du moteur à gaz, d'une piscine d'eau et de travaux de génie civil est fournie.</p> <p>BC à la période actuelle = BC (année de référence) x [indice du coût de l'usine (période en cours) / Indice du coût de l'usine (année de base)]</p>	<p>(U.S. Department of Energy, 2012a - 2012j)</p> <p>Indice du coût de l'usine (période en cours) entré par l'utilisateur</p>
Articles	Équation et Hypothèse	Remarque
Coût d'installation (IC) (USD)	<p>La base de données du coût sur l'étude de faisabilité, le développement et l'ingénierie, l'installation, le montage, la mise en service, formation, port, douane, assurance, déchargement, etc. est fournie.</p> <p>IC à la période actuelle = IC (année de référence) x [indice du coût de l'usine (période en cours) / Indice du coût de l'usine (année de base)]</p>	<p>(Nouni et al., 2007) (Buchholz et al., n.d.)</p> <p>Indice du coût de l'usine (période en cours) entré par l'utilisateur</p>
Coût du réseau de distribution (USD)	<p>$(27,1 \times \text{capacités de la puissance (kW)}) + (7,5 \times 10 \times \text{Nombre de ménages d'accéder électricité})$</p> <p>où: Raccordement et mise à la terre: 27.1 USD / kW. Câble électrique primaire: 7,5 USD / m moyenne de la longueur du câble électrique: 10 m / ménage</p>	(Bouffaron et al., 2012) (Wiskerke et al., 2010)
L'investissement total (USD)	Coût de revient du coût de l'équipement + construction + Installation + coût du réseau de distribution	
L'amortissement du matériel (USD par an)	Coût de l'équipement, divisé par la durée de vie du projet	Méthode de calcul de l'amortissement linéaire
L'amortissement du bâtiment (USD par an)	Coût de construction divisé par la durée de vie du projet	Méthode de calcul de l'amortissement linéaire
L'amortissement de l'installation (USD par an)	Coût d'installation divisé par la durée de vie du projet	Méthode de calcul de l'amortissement linéaire
L'amortissement du réseau de distribution (USD par an)	Coût du réseau de distribution divisé par la durée de vie du projet	Méthode de calcul de l'amortissement linéaire
Total des amortissements (USD par an)	Amortissement de l'Équipement + Amortissement du bâtiment + Amortissement de l'installation + L'amortissement du réseau de distribution	Méthode de calcul de l'amortissement linéaire
Le coût d'entretien (USD par an)	Pourcentage du coût d'entretien (%) x Total des amortissements	Pourcentage de coûts d'entretien par l'utilisateur. La valeur par défaut est 10%.
Total du coût fixe (USD par an)	Total des amortissements + Le coût d'entretien	

Notez: L'indice du coût de l'usine est utilisé pour mettre à jour les coûts des équipements, la construction et de l'installation à la période actuelle. Pour plus d'informations visitez:

http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_plant_cost_indexes. L'hypothèse de cet outil est que l'indice du coût de l'usine peut être appliqué à tout type et taille d'usine. Il fournit une approximation acceptable de mise à jour des coûts d'investissement.

8.1.6 Calcul des autres coûts

Les frais généraux de l'usine sont définis comme une charge de la production des services, des installations et paie les frais généraux. Les coûts généraux et administratifs comprennent les loyers, les assurances, les salaires de gestion, d'administration et de direction. Le Tableau 7 présente les équations permettant de calculer les coûts associés avec des frais généraux de l'usine, le coût général et administratif, le paiement d'intérêt moyen des prêts et impôt sur les sociétés.

Tableau 7 : Équations Autres Frais

Article	Équation et Hypothèse	Remarque
Frais généraux d'usine (USD par an)	Pourcentage des frais généraux de l'usine (%) x (coût du travail total + coût d'entretien)	Pourcentage de l'apport de frais généraux de l'usine saisi par l'utilisateur. La valeur par défaut est de 30%.
Coût généraux et administratifs (USD par an)	Pourcentage des frais généraux et administratifs (%) x (coût totale des intrants+ coût du travail + coût totale d'entretien + frais généraux d'usine)	Pourcentage des coûts généraux et administratifs saisi par l'utilisateur. La valeur par défaut est de 5%.
Moyenne des paiements des intérêts du prêt (USD par an)	<p>Montant du prêt = taux de prêt (%) x coût total de l'investissement</p> <p>Paiement du prêt (USD / mois) = PMT ([intérêt du prêt /12], [Durée du prêt 12x], le montant du prêt)</p> <p>Paiement annuel du prêt = paiement du prêt (USD / mois) x 12 mois</p> <p>Paiement total du prêt = paiement du prêt annuel x termes du prêt</p> <p>Paiement des intérêts du prêt = paiement total du prêt - Montant du prêt</p> <p>Paiement moyen des intérêts du prêt = paiement des intérêts du prêt divisé par la durée de vie du projet</p>	PMT est une fonction financière dans Microsoft Excel pour le calcul du paiement d'un prêt basé sur des versements fixes et un taux d'intérêt constant.

8.1.7 Le coût total des coûts de production et l'unité de calcul de l'électricité

Le Tableau 8 présente les équations de calcul des coûts totaux d'exploitation, les coûts fixes totaux, et le total des autres coûts. Les résultats définitifs de ces coûts sont utilisés pour calculer le coût total de production d'électricité et le coût unitaire de production par kWh.

Tableau 8 : Total des Équations des Coûts de Production

Articles	Équation et Hypothèse	Remarque
Total des coûts d'exploitation (USD par an)	coût annuel des intrants + coût du travail annuel +frais annuel de transport + coût annuel de stockage	
Total des frais fixes (USD par an)	l'amortissement des coûts fixes + coût d'entretien annuel	

Total des autres coûts (USD par an)	annual plant overhead + annual general & administration cost + annual Loan payment + annual income tax frais généraux annuels d'usine + frais généraux et d'administration annuels + le paiement du prêt annuel + impôt sur le revenu annuel	
Total du coût de production (USD par an)	Total des coûts d'exploitation + Total des coûts fixes + total Autres coûts	
Le coût de production du kWh	Coût de production total divisé par la production d'électricité	L'équation de production d'électricité (kWh par an) est présentée dans le Tableau 3.

8.1.8 Calcul du chiffre d'affaires du projet

Le Tableau 9 présente les équations pour calculer les revenus potentiels d'un système de combustion.

Tableau 9 : Équations des Revenus Potentiels

Articles	Équation et Hypothèse	Remarque
Revenus potentiels (USD par an)	[production d'énergie – utilisation propre d'électricité - perte de puissance dans le réseau de distribution] x prix de l'électricité Lorsque, La perte de puissance dans le réseau de distribution (%) x production d'électricité	Production de courant est la même que dans le tableau 3. Auto-utilisation d'électricité (kWh par an) consomme 10% de la production d'électricité. La répartition de la perte de puissance est entrée par l'utilisateur dans l'étape 4.
Prix de l'électricité (USD / kWh)	L'utilisateur sélectionne l'option: la méthode 1 ou 2 pour définir le prix de l'électricité payé par le client	Les données sont saisies par l'utilisateur

8.2 Les données requises pour utiliser l'outil

Le Tableau 10 comprend les données requises pour l'exécution de la *Composante Combustion*.

Tableau 10 : Les Données Requises pour Exécuter l'Outil

Données	Définition et Sources
Biomasse et son résidu	L'utilisateur sélectionne la biomasse / cultures et son résidu pour l'analyse
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/employé/heure) et la consommation de carburant des machines généralement utilisées dans des opérations agricoles ou forestiers ou calculer une approximation de cette valeur.
Prix de l'eau	L'utilisateur saisit le prix actuel de l'eau (USD/m ³)

Coût de stockage de matières premières (USD la tonne).	<p>L'utilisateur identifie le coût de stockage de la matière première. L'utilisateur peut saisir les prix courants sur le stockage des produits agricoles dans le pays.</p> <p>If this information is not available in the country, the user can estimate this based on the selection on the type of storage available in the country and use the estimated global cost for building this type of storage that is provided in the tool. Moreover, the size of the storage site or container is estimated using the biomass storage calculator. Si l'information n'est pas disponible dans le pays, l'utilisateur peut estimer le coût en se basant sur le type de stockage disponible sélectionné et utiliser le coût global estimé pour la construction de ce type de stockage qui est fourni par l'outil. De plus, la taille du conteneur ou du site de stockage est estimée en utilisant le calculateur de stockage de biomasse.</p>
La sécurité du taux de stockage des matières premières taux (%)	L'utilisateur a défini cette valeur en la saisissant dans chaque calculateur de stockage de biomasse. Cette valeur définit le pourcentage de la biomasse qui devrait être réservé à exploiter la centrale pendant les périodes de pénurie.

Données	Définition et Sources
L'utilisateur sélectionne l'option pour identifier le prix de l'électricité payé par le client (USD / kWh).	Le prix de l'électricité peut être le prix pour le réseau national ou le prix de l'électricité qui est produite par d'autres sources d'énergie, comme le générateur diesel, l'énergie solaire, l'hydroélectricité, le gaz naturel, etc. Pour estimer le prix de l'électricité en utilisant un générateur diesel, l'utilisateur entre la capacité du générateur diesel (kW), les heures de fonctionnement par jour, les jours de fonctionnement par an, les coûts de transport ainsi que la distance parcourue pour le transport, y compris la main-d'œuvre et les coûts d'entretien dans le "Calculateur de prix de l'électricité".
Coût du travail	Travailleurs qualifiés et non-qualifiés en USD/employé/heure.
Les heures de travail pour la collecte des matières premières	Les heures de travail pour la collecte de matières premières pour la méthode manuelle et mécanisée.
Le coût du transport de la matière première (du point de la collecte (champ) à l'usine /) en USD par tonne et par km.	<p>Le coût du transport de la matière première à partir du point de collecte (ou champ) à l'usine de gazéification, l'utilisateur entre le coût du transport en USD/tonne/km.</p> <p>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 estime le coût en utilisant le coût du travail par heure, le temps de travail, la quantité de matériau qui peut être transportée et les kilomètres approximatifs qui peuvent être parcourus en vertu de la méthode choisie</p>
La distance pour le transport de la matière première à l'usine de gazéification en kilomètres par la capacité de production d'électricité	La distance de transport est déterminée sur la base de la disponibilité de la biomasse dans une zone particulière par rapport à la quantité nécessaire pour faire fonctionner chacun de la capacité de production d'énergie
Les heures d'ouverture par jour pour le système de gazéification.	L'utilisateur doit fournir une estimation du nombre d'heures par jour durant lequel le système est supposé fonctionner. La plupart

	de la littérature indique que les systèmes de gazéification sont utilisés que pour quelques heures pendant la journée. Dans les cas où les systèmes de gazéification fournissent seulement de l'électricité domestique ils sont en fonction que pendant quatre heures et généralement la nuit. L'utilisateur peut avoir envie de déterminer cette valeur en fonction des demandes d'énergie potentielles.
La perte de puissance dans le réseau de distribution (%).	Cette information peut être la perte actuelle de courant dans le réseau électrique national. Un lien est prévu pour accéder à une base de données mondiale de la Banque mondiale qui compile les pertes de distributions nationales. S'il vous plaît visitez: http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS

Données	Définition et Sources
La perte de puissance due à l'exploitation (%).	The user estimates the losses due to operation. These losses are due to inappropriate operation of the combustion-engine system. These include lack of control and monitoring of units measuring gas pressure, gas composition, air leakage, or temperatures, etc.
L'efficacité du moteur à gaz (%)	Ce paramètre est fourni par le fabricant du moteur à gaz.
Paramètres des coûts	Pourcentage du coût global de l'installation, le coût généraux et administratifs, les coûts d'entretien et les coûts divers.
Les paramètres financiers	Taux d'inflation (%) Taux d'actualisation (%) Ratio de l'emprunt (%) Taux d'intérêt du prêt (%) Durée du prêt (années), Indice du coût de l'usine http://base.intratec.us/home/ic-index
La demande d'électricité par ménage	L'utilisateur saisit des données du module «Situation du Pays». La consommation d'électricité sera estimée en fonction du type d'appareils généralement utilisés dans un ménage rural, la quantité de ces appareils par ménage rural et la moyenne des heures de fonctionnement des appareils. Notez que cette valeur sera utilisée comme une approximation pour déterminer le nombre de foyers potentiels qui peuvent être électrifiés. Une analyse plus détaillée et localisée en fonction des profils de la demande d'énergie et le cadre de temps devra être réalisée pour la planification et la mise en œuvre d'un système de gazéification adéquat.

9 Références

- Buchholz, T., I. Da Silva, and J. Furtado. *Electricity from wood-fired gasification in Uganda—a 250 and 10kW case study*. in *Domestic Use of Energy Conference (DUE), 2012 Proceedings of the 20th*. 2012. IEEE.
- Bouffaron, P., F. Castagno, and S. Herold, *Straight vegetable oil from Jatropha curcas L. for rural electrification in Mali—A techno-economic assessment*. *Biomass and Bioenergy*, 2012. **37**: p. 298-308. IRENA, *Biomass for Power Generation, in Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series* 2012. p. 60.
- Nouni, M., S. Mullick, and T. Kandpal, *Biomass gasifier projects for decentralized power supply in India: A financial evaluation*. *Energy Policy*, 2007. **35**(2): p. 1373-1385.
- Patel, B., Gami, B., & Bhimani, H. (2011). Improved fuel characteristics of cotton stalk, prosopis and sugarcane bagasse through torrefaction. *Energy for Sustainable Development*, 15(4), 372–375. doi:10.1016/j.esd.2011.05.002
- Pinheiro, G., et al., *Rural electrification for isolated consumers: Sustainable management model based on residue biomass*. *Energy Policy*, 2011. **39**(10): p. 6211-6219.
- Quaak, P., H. Knoef, and H.E. Stassen, *Energy from biomass: a review of combustion and gasification technologies*. Vol. 23. 1999: World Bank Publications.
- U.S. Department of Energy's (DOE) and Advanced Manufacturing Office (AMO), *Improving Steam System Performance: A Sourcebook for Industry*, 2004. p. 64.
- U.S. Department of Energy's (DOE), *Improve Your Boiler's Combustion Efficiency*, 2012a, Advance Manufacturing Office. p. 2.
- U.S. Department of Energy's (DOE), *Consider Steam Turbine Drives for Rotating Equipment*, 2012b, Advance Manufacturing Office. p. 2.
- U.S. Department of Energy's (DOE), *Use Feedwater Economizers for Waste Heat Recovery*, 2012c, Advance Manufacturing Office. p. 2.
- U.S. Department of Energy's (DOE), *Return Condensate to the Boiler*, 2012d, Advance Manufacturing Office. p. 2.
- U.S. Department of Energy's (DOE), *Benchmark the Fuel Cost of Steam Generation*, 2012e, Advance Manufacturing Office. p. 2.
- U.S. Department of Energy's (DOE), *Minimize Boiler Short Cycling Losses*, 2012f, Advance Manufacturing Office. p. 2.
- U.S. Department of Energy's (DOE), *Replace Pressure-Reducing Valves with Backpressure Turbogenerators*, 2012g, Advance Manufacturing Office. p. 2.
- U.S. Department of Energy's (DOE), *Consider Steam Turbine Drives for Rotating Equipment*, 2012h, Advance Manufacturing Office. p. 2.
- U.S. Department of Energy's (DOE), *Considerations When Selecting a Condensing Economizer*, 2012i, Advance Manufacturing Office. p. 3.

U.S. Department of Energy's (DOE), *Consider Installing High-Pressure Boilers with Backpressure Turbine-Generators*, 2012j, Advance Manufacturing Office. p. 3.

Wiskerke, W., et al., *Cost/benefit analysis of biomass energy supply options for rural smallholders in the semi-arid eastern part of Shinyanga Region in Tanzania*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010. **14**(1): p. 148-165.