

AUTONOMIE FINANCIÈRE/RENTABILITÉ

Du « CHARBON de BOIS DURABLE » basé sur :

- L'AGROFORESTERIE COMMUNAUTAIRE
- LA « MODERNISATION » des productions CHARBON de BOIS/MANIOC

Voir pages 7 à 15, Pour les comptes de résultats de 3 superficies agroforestières (2500 ha, 3500 ha, 5000 ha) : investissements, charges de fonctionnement, personnel, marge brute.

« L'Optimisation Énergétique des Carbonisations »

En RDC : C'est possible !

① Dépollution des Fumées.

② Makala + 50%. ③ Chaleur Gratuite.

④ Production de Farine de Manioc Panifiable HQ.

Intégrée à la « Carbonisation Moderne » (chaleur gratuite)

Propositions des « Meilleures Technologies Disponibles » basées sur :

- Les réalités des sites agroforestiers pour « le gisement de bois énergie durable »
 - Volume annuel, masse volumique, dimension du bois
 - Organisation de la logistique d'approvisionnement bois
- L'objectif de la rentabilisation du modèle agroforestier rémunéré par ses propres productions et non par des « subventions climat »
- La proposition technique de Sidenergie :
La carbonisation semi-industrielle avec intégration de la transformation du Manioc
 - Dépollution des fumées / Incinération → Production de chaleur
 - Optimisation du rendement des carbonisations
Productions : Charbon de Bois (+ 50 %) et Biochar (fertilisant, puits de carbone)
 - Utilisation / Valorisation de la production de la chaleur des fumées :
Séchage du Manioc, de fruits / Production de Farine de Manioc Panifiable HQ
Potentialité d'une micro-production « d'électricité biomasse renouvelable »

La modernisation de la carbonisation

■ Le mécanisme de la réaction de carbonisation du bois

LES FUMÉES DE CARBONISATION

- La transformation du bois en charbon de bois est aussi ancienne que le feu.
- Les charbonniers savaient produire le charbon mais aussi toutes sortes de produits chimiques à partir des fumées : acide acétique, tannins, arômes de fraise et de framboise, réglisse ..., goudrons (coaltar, brai de norvège, créosote de bois ...) pour la protection des bois de marine et de construction. Cette chimie du bois demande de très bonnes maîtrises du processus de carbonisation et des techniques de process et de génie chimique pour valoriser les fumées.
- Les chercheurs (Ex. Cirad) ont étudié les réactions (comportements) du bois soumis à une opération de chauffage ainsi que la composition et les caractéristiques des fumées. C'est le résultat de leur travail et l'expérience des charbonniers qui sont exploités pour améliorer énormément les carbonisations, en utilisant le minimum d'équipements techniques.

La majorité des produits chimiques contenus dans les fumées sont de très bons combustibles, excepté la vapeur d'eau et le CO₂.

Le but est de brûler les fumées dans un « Épurateur/Incinérateur de fumée ».

Cette combustion a des résultats très intéressants : Dépollution des fumées + Énergie thermique

→ *Beaucoup de chaleur produite : Soit la moitié du Pouvoir Calorifique initial du bois (PCI)*

→ *Et des rejets atmosphériques propres : H₂O et CO₂ avec une bonne conduite de la combustion des fumées selon les prescriptions MTD. « Meilleures Technologies Disponibles ».*

La « **combustion des fumées** » est donc la méthode pour « **la dépollution / assainissement** » des dégagements atmosphériques polluants de la fabrication du charbon de bois.

C'est sur l'exploitation et la maîtrise des caractéristiques de la phase exothermique que reposent les avancées technologiques de l'amélioration des performances des carbonisations.

L'utilisation/valorisation de la très grande quantité de chaleur produite par l'épuration des fumées de la phase exothermique :

PERMET A L'ENSEMBLE DU CYCLE DE CARBONISATION D'ÊTRE LARGEMENT EXCEDENTAIRE EN ENERGIE

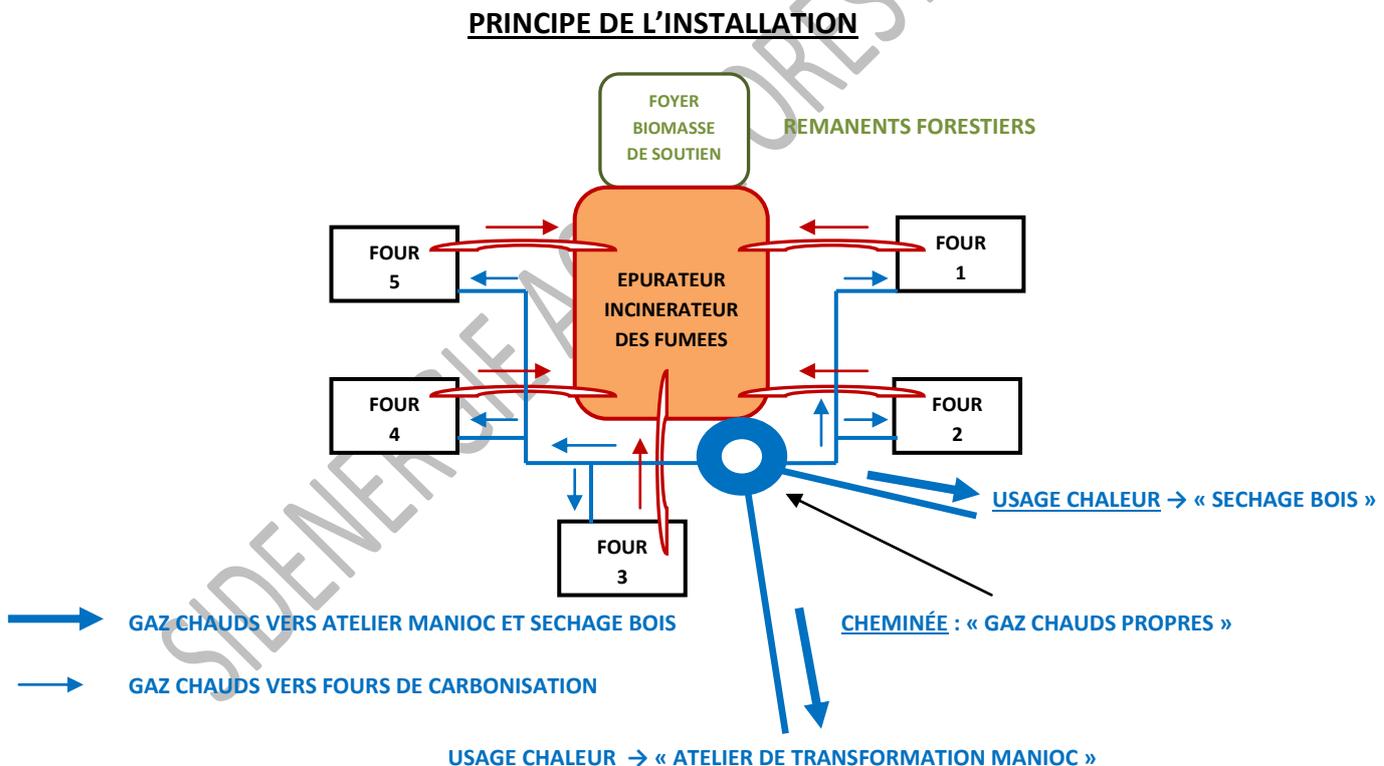
L'utilisation de la grande quantité de chaleur produite par l'épuration/incinération des fumées auto combustibles de cette phase ② permet :

- De fournir la chaleur pour les carbonisations des autres fours démarrés en relais.
Donc d'éviter la combustion d'une partie du bois → Amélioration des rendements.
- D'épurer les fumées des autres fours démarrés en relais → Dépollution.
- D'alimenter en énergie un atelier voisin, gros consommateur de chaleur.
→ Chaleur gratuite : Séchage sécurisé de la transformation du manioc.
→ Potentialité d'une auto-production d'électricité biomasse renouvelable.
(Les techniques commencent à se développer)

■ Conclusion sur le concept technique

Un épurateur de fumée central alimenté par les fumées d'une batterie de plusieurs fours qui carbonisent en relais :

- Produit en permanence une importante quantité de chaleur pour les carbonisations et pour des usages périphériques. (Par exemple pour le séchage dans un atelier de transformation du manioc, pour le préséchage du bois brut et pour d'autres potentialités).
- Produit le Charbon de bois et le Biochar avec un très bon rendement, aux qualités désirées.



- Le foyer biomasse fonctionne à fort régime en début de cycle pour cracker/épurer les fumées du début de la carbonisation du premier four, puis il reste en veilleuse de soutien car les fumées des fours sont le combustible pour la suite du cycle des carbonisations.
- Chaque four contient un conteneur/panier de 10 m³, soit environ 4 tonnes de bois. Les paniers sont chargés sur la parcelle de coupe du bois et acheminés par tracteur sur le site de carbonisation.

- En fin de carbonisation du four, le panier est défourné à chaud puis il est placé sous un étouffoir. Une nouvelle carbonisation peut démarrer immédiatement.
(2 jours sous étouffoir puis 1 jour de stabilisation à l'air libre contre le risque incendie).
- L'important excès de chaleur de l'épurateur de fumée est disponible pour fournir les usages de séchage : l'atelier de transformation du manioc, le préséchage du bois brut ..., électricité.

LE PROCESS : Fours à circulation de gaz chauds, production optimisée « charbon de bois + chaleur »

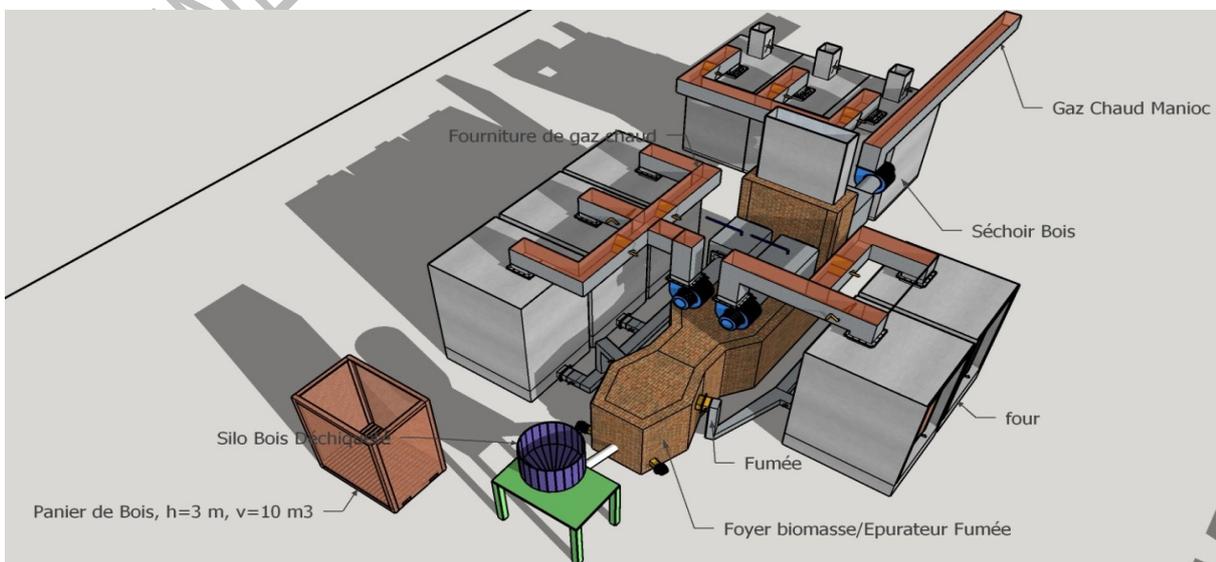
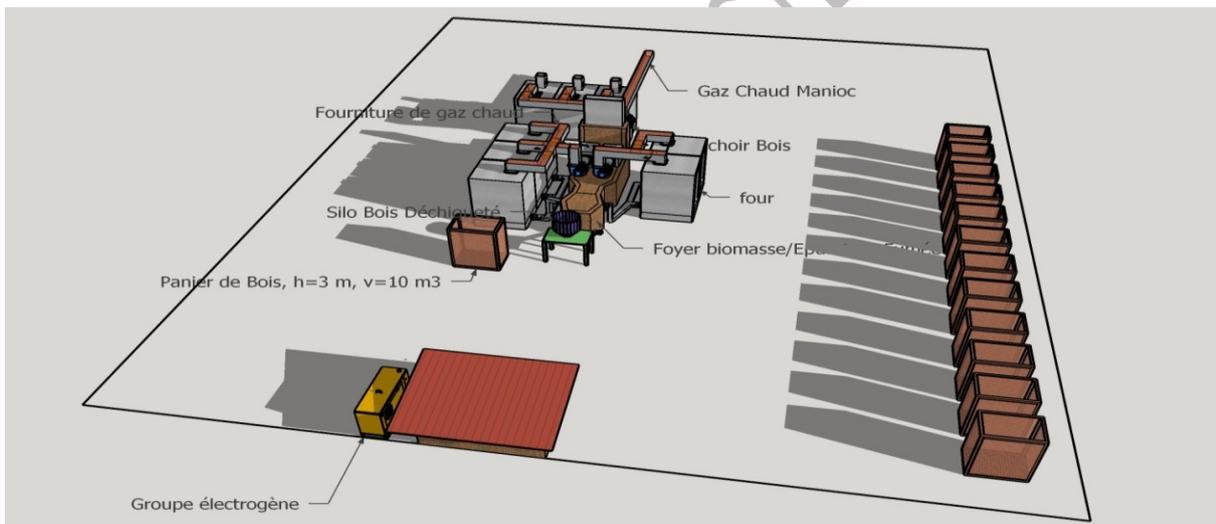
Ensemble de carbonisation industrielle adapté à des unités agroforestières de 2500 ha.

Capacité maximale : 18 000 t/an de bois, 4500 t/an de Charbon de bois et 675 t/an de farine de manioc

- 5 fours de carbonisation pour des conteneurs/paniers de bois de 10 m³, 1 panier/four.
- 1 épurateur/incinérateur de fumée central, équipé d'un foyer biomasse (rémanents des coupes de bois)
- 3 enceintes de préséchage à condensation, des bois (séchoir bois).
- De nombreux conteneurs/paniers de bois pour chargement en forêt, pour préséchage, pour carboniser, pour refroidir sous étouffoir, pour stabilisation à l'air libre, pour stock bois tampon ...

Fours de Carbonisation SIDENERGIE (Dépollution/Valorisation Thermique des fumées). 05/2022

Ce process fonctionne depuis 1994 en usage industriel intensif, il est dupliqué dans 6 unités.



Intégration de la carbonisation moderne à une Nouvelle production de farine de manioc panifiable de haute qualité

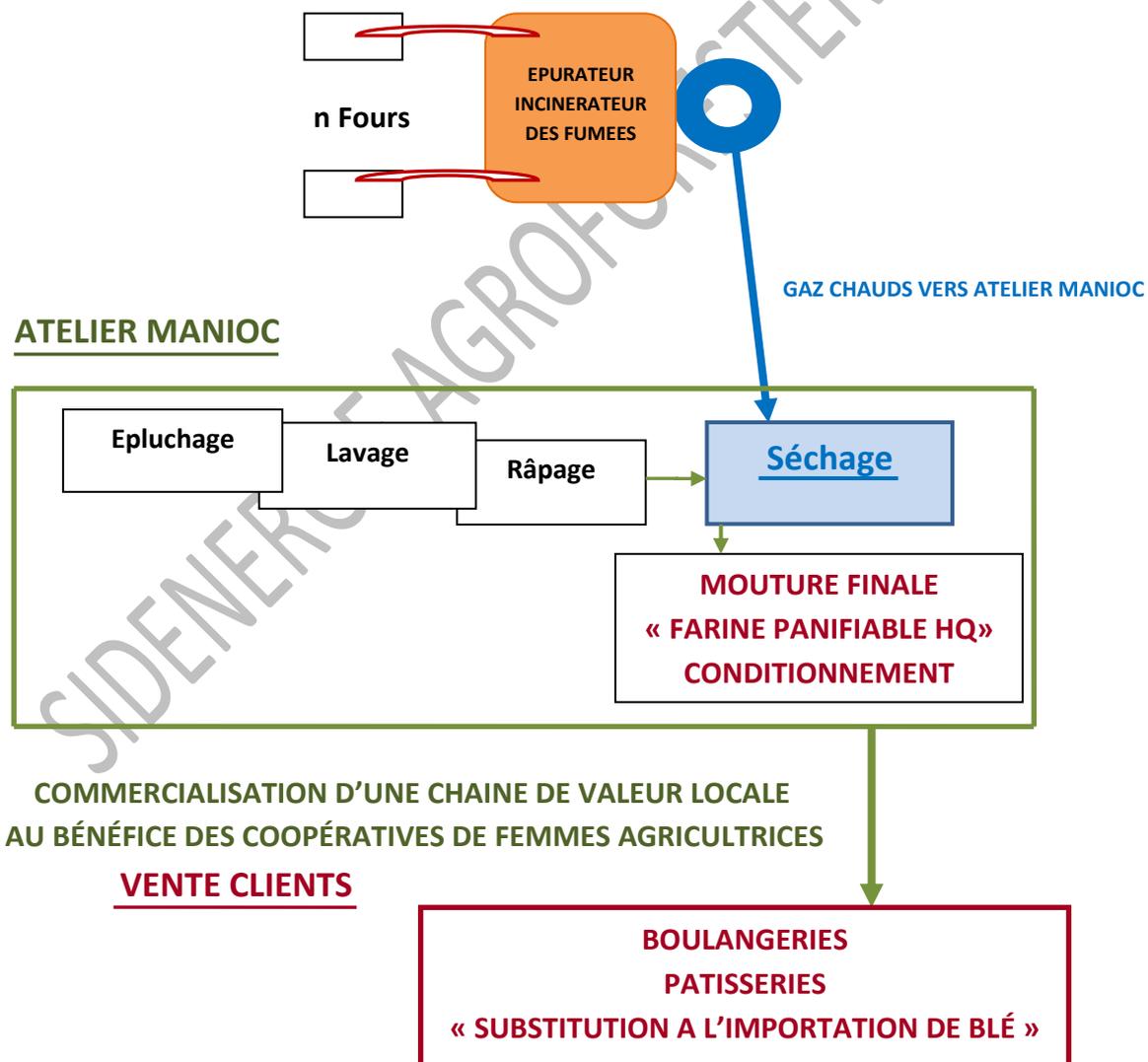
■ Préalable

Les tubercules de manioc pourrissent quand un séchage efficace n'est pas effectué dans les 12 h après la récolte. Actuellement les pertes sont très importantes avec le séchage naturel incertain. Un important objectif du projet porte sur l'amélioration de la filière de transformation du manioc produit par les femmes des communautés du système agro forestier.

La nouvelle disponibilité des grandes quantités de chaleur produites par l'épuration des fumées de carbonisation permet l'orientation innovante de cette chaleur gratuite vers la « filière de la Farine de Manioc Panifiable de Haute Qualité » (pain, gâteaux, pâtes).

La consommation en énergie fossile des grandes transformations de manioc, gaz ou fuel, très coûteuse en approvisionnement et transport est désormais évitée. Elle est substituée par de « la chaleur biomasse renouvelable ».

CARBONISATION



**POUR CHAQUE SITE AGROFORESTIER COMMUNAUTAIRE
PROJET D'INSTALLATION D'UNE UNITÉ
SEMI INDUSTRIELLE INTÉGRÉE « CHARBON DE BOIS/ MANIOC »
- BÉNÉFICES SOCIAUX-ENVIRONNEMENTAUX ET CLIMATIQUES
- RENTABILITÉ**

① COMPTE DE RÉSULTAT GLOBAL pour la Configuration Minimum - 5 Fours :

Domaine 2500 ha : Planté 2250 ha, Lieux de Vie, Process, Équipements.

4500 t/an de Charbon de Bois et 675 t/an de Farine de Manioc (225 ha/an)

② COMPTE DE RÉSULTAT GLOBAL pour une Configuration Optimisée - 7 Fours :

Domaine 3500 ha : Planté 3150 ha, Lieux de Vie, Process, Équipements.

5500 t/an de Charbon de Bois et 945 t/an de Farine de Manioc (315 ha/an)

③ COMPTE DE RÉSULTAT GLOBAL pour une Configuration Optimisée - 10 Fours :

Domaine 5000 ha : Planté 4500 ha, Lieux de Vie, Process, Équipements.

9000 t/an de Charbon de Bois et 1350 t/an de Farine de Manioc (450 ha/an)

Note de projet

Agroforesterie communautaire avec plantation intercalaire de manioc, combinée avec :

- Un procédé éprouvé d'optimisation énergétique de la carbonisation du bois.
 - Productivité améliorée du charbon de bois, du biochar (quantité et qualité), (Amélioration des recettes).
 - Dépollution / Incinération des fumées.
 - Production / Mise à disposition de grandes quantités d'énergie chaleur.
- Un atelier mécanisé de la transformation du manioc, alimenté par la chaleur générée par l'unité de carbonisation.
 - Elimination des grandes quantités de pertes/pourrissement des tubercules récoltés, grâce à la nouvelle régularité de l'opération de séchage. (Efficacité et indépendance du séchage à air chaud vis à vis des aléas du séchage naturel à l'air libre).
 - Production de farine de manioc panifiable de « Haute Qualité », (Amélioration des recettes).

▪ Remarque sur la capacité de production de l'unité de carbonisation

La technologie de carbonisation avec une épuration permanente des fumées nécessite au minimum d'alimenter l'épurateur/épuration des fumées avec au minimum 5 enceintes de carbonisation (fours) qui fonctionnent en relais. (Cf. note technique précédente).

Chaque four carbonise 4 tonnes de bois en 8 heures soit 3 carbonisations/jour.

POUR UNE UNITÉ DE CARBONISATION DE 5 FOURS (Configuration Technique Minimale du Process).

. La capacité nominale (maximale) de l'unité de carbonisation est de 15 fours/jour (à 4 tonnes de bois/four) pendant 300 jours. Ou 14 fours/jour pendant 320 jours/an.

CAS ① : Soit une capacité maximale de carbonisation de 18 000 t de bois/an → 4500 t/an de charbon de bois

**IL FAUT UN SITE DE 2500 ha = 2250 ha PLANTÉS + PARE-FEUX + VOIERIE + BATIMENTS + JARDINS + VERGERS
AVEC UNE EXPLOITATION/REPLANTATION DE 225 ha/an**

C'est une hypothèse conservatrice (de 25%) : 80 t/ha de bois sec carbonisable sur une rotation de 10 ans, Alors que les études du CIRAD à Mampu ont déterminé 107 t/an de bois sec carbonisable sur 10 ans.

Remarque : 1 four consomme 3600 t/an de bois pour une production de 900 t/an de charbon de bois
1 four a besoin de l'exploitation/replantation de 45 ha/an (3600 t = 80 t/ha x 45 ha)

▪ **Compte de résultat ① : 2500 ha, 5 fours, 4500 t/an makala, 675 t/an farine**

Configuration minimum

Les Investissements de la plantation : 2250 ha plantés sur un domaine de 2500 ha

- De ce cas d'unité intégrée « Site de plantation agroforestière/Production Makala/Manioc », les engins tracteurs/remorques servent à l'ensemble des activités : transport des plants, plantation, entretien + transport du bois matière première vers la carbonisation. Par simplification, on affecte la totalité de leurs amortissements et de leurs consommables et entretiens à l'unité semi-industrielle de production makala/manioc. Donc ces utilisations d'engins n'apparaissent pas dans les postes plantation et replantation.
- La main d'œuvre de plantation et d'entretien des plantations est payée par le poste achat du manioc (105 \$/t de tubercules) aux associations de villageois. Donc la charge salariale de la plantation/entretien n'apparaît pas dans le poste plantation.

Habituellement le coût de revient d'une plantation mature dans les conditions des Plateaux Bateke va de 2000 \$/ha pour Mampu à 1500 \$/ha pour IBI Village.

Ici, les opérations importantes de mise en terre des plants et d'entretien de la plantation (engins et main d'œuvre) sont supportées par les productions makala et manioc.

→ Donc l'investissement restant de plantation ne comprend plus que les pépinières et la préparation des parcelles (en grande partie mécanique défrichage, hersage, pare-feux ...)

→ On prend un investissement de plantation de 1100 \$/ha en référence aux études des chercheurs et aux spécificités du projet.

Investissement plantation à réaliser sur 5 à 8 ans : 2250 ha x 1100 \$/ha = 2 475 000 \$

Cet investissement est amorti dans le poste « Coût du bois matière première » à 13,75 \$/t.

→ La replantation (Régénération Naturelle Assistée) est réalisée par les femmes qui reprennent la culture du manioc sur la parcelle. Pour des travaux complémentaires, on réserve 260 \$/ha. Soit dans le poste « coût du bois matière première » : 3,25 \$/t pour l'opération de replantation.

Les Investissements de la production semi-industrielle Makala/Manioc

- Usine de carbonisation (5 Fours) = 1 000 000 \$ amortissable sur 15 ans → 66 667 \$/an
- Atelier du manioc = 250 000 \$ amortissable sur 10 ans → 25 000 \$/an
- 6 tracteurs remorque = 300 000 \$ amortissable sur 7 ans → 42 857 \$/an
- 4 chariots élévateur (2x12 t + 2 x3,5 t) = 350 000 \$ amortissable sur 7 ans → 50 000 \$/an
- 2 broyeurs à branches (foyer biomasse) = 30 000 \$ amortissable sur 7 ans → 4 286 \$/an
- Terrassement du site de production = 300 000 \$ amortissable sur 20 ans → 15 000\$/an
Surface de production 70 x 100 m
Stabilisation, empierrement, Imperméabilisation, goudron, béton
- Voirie = 300 000 \$ amortissable sur 20 ans → 15 000 \$/an
- Bâtiments techniques = 550 000 \$ amortissable sur 20 ans → 27 500 \$/an
Bureaux, vestiaires/douches, ateliers, magasin,
Stockage conditionnement charbon de bois, Bâtiments atelier manioc
- Bâtiments sociaux = 400 000 \$ amortissable sur 20 ans → 20 000 \$/an
Maisons villageois, école, dispensaire, foyer rencontre/loisir
- Eau = 250 000 \$ amortissable sur 20 ans → 12 500 \$/an
- Electricité (Groupe électro+réseau) = 100 000 \$ amortissable sur 20 ans → 5 000 \$/an
- Transports, douanes = 150 000 \$ amortissable sur 15 ans → 10 000 \$/an
- Engineering = 400 000 \$ amortissable sur 12 ans → 33 333 \$/an
- Divers, imprévus = 200 000 \$ amortissable sur 12 ans → 16 667 \$/an

Total investissements de l'unité de production + aménagements sociaux = 4 580 000 \$

Total amortissements 343 810 \$/an

Investissement global (Unité de production 5 Fours + Plantation + lieux de vie) = 7 055 000 \$

- **Compte de résultat prévisionnel global de l'ensemble (5 Fours):**
« Plantation agroforestière + Productions Modernisées Makala/Manioc »

Total des charges de l'unité de carbonisation, → 1 244 310 \$/an
de la plantation, de la replantation et de l'ensemble du lieu de vie.

- **Tonnage de bois disponible et cycles de carbonisation → 18 000 t/an, 4 t/four, 14 fours/jour, 320 jours**
 - Surface exploitée = 225 hectares/an
 - Productivité de la plantation = 80 tonnes/hectare
- **Coût du bois matière première rendu usine → 32,75 \$/t x 18 000 t/an → 589 500 \$/an**
 - Coûts de pépinière, préparation plantation = 1100 \$/ha, 80 t/ha → 13,75 \$/t
 - Coût de bûcheronnage, débardage, chargement = 900 \$/ha → 11,25 \$/t
 - Transport sur site de carbonisation (3 \$/km x 6 km pour 4 t/enceinte) → 4,5 \$/t
(6 km = une navette moyenne de 1 aller et retour de 3 + 3 km pour 4 t de bois) x 12 navettes/jour
 - Coût de replantation = 260 \$/ha, 80 t/ha → 3,25 \$/t
- **Amortissements → 343 810 \$/an**

- **Entretien, consommables techniques, eau, sacs conditionnement** → **110 000 \$/an**
- **Gasoil** → **139 800 \$/an**
 (Approche moyenne : 5 engins x 5 l/h x 8 h/j x 320 j x 1,2 \$/l = 76 800 \$/an)
 (Groupe électrogène : 6 l/h x 24 h/j x 365 j x 1,2 \$/l = 63 000 \$/an)
- **Salaires** → **61 200 \$/an**
 - 15 carbonisateurs caristes x 4 \$/jour x 30 jours/mois x 12 mois → 21 600 \$/an
 - 2 techniciens x 450 \$/mois → 10 800 \$/an
 - 1 + 1 responsables de site x 600 \$/mois → 14 400 \$/an
 - 1 administratif x 400 \$/mois → 4 800 \$/an
 - 1 instituteur x 400 \$/mois → 4 800 \$/an
 - 1 infirmier x 400 \$/mois → 4 800 \$/an

Total des charges de l'unité de transformation de manioc → 276 470 \$/an

- **Tonnage de manioc tubercule disponible** → **2 250 t/an**
 - Surface exploitée = 225 hectares/an
 - Productivité manioc améliorée = 10 tonnes/hectare
- **Coût du manioc rendu usine** → **105 \$/t x 2 250 t/an** → **236 250 \$/an**
- **Amortissements manioc inclus dans le poste ci-dessus amortissements carbonisation**
- **Entretien, consommables, eau** → **30 000 \$/an**
- **Salaires** → **10 220 \$/an**
 - 7 employé(es) x 4 \$/jour x 365 jours = 10 220 \$/an

Total de l'ensemble des charges du site → 1 520 780 \$/an

Recettes charbon de bois → 1 125 000 \$/an

- Capacité de production (rendement escompté 25 % sur matière sèche) → 4 500 t/an
- Prix de vente à Kinshasa (300 \$/t), diminué du transport (50 \$/t) → 250 \$/t

Recettes manioc « farine panifiable » → 540 000 \$/an

- Capacité de production (rendement 30 %, 2250 t x 0,3) → 675 t/an
- Prix de vente « à la porte de l'usine » → 800 \$/t

Total de l'ensemble des recettes du site → 1 665 000 \$/an

**Pendant les 10 premières années : Résultat global de l'unité semi-industrielle
 Plantation/charbon/manioc (remboursement investissement plantation + replantation)**

RÉSULTAT D'EXPLOITATION (5 Fours, 2500 ha) = + 144 220 \$/an

**A partir de la 10^{ème} année : Résultat global de l'unité semi-industrielle
 Plantation/charbon/manioc (replantation des parcelles exploitées)**

RÉSULTAT D'EXPLOITATION (5 Fours, 2500 ha) = + 391 720 \$/an

▪ **Compte de résultat ② : 3500 ha, 7 fours, 6300 t/an makala, 945 t/an farine**

Économie d'échelle : Capacité de production ↗ Rentabilité ↗

La création/fonctionnement d'un domaine de 2500 ha et de ses lieux de vie basé sur la configuration technique minimum de 5 fours génère une marge brute de 200 000 \$/an.

Cette marge brute est le minimum admissible pour rendre le projet attractif.

On va étudier la rentabilité pour une augmentation d'échelle cohérente avec le contexte de disponibilité des terres : Domaine de 3500 ha / 7 Fours.

POUR UNE UNITÉ DE CARBONISATION DE 7 FOURS.

. La capacité nominale (maximale) de l'unité de carbonisation est de 21 fours/jour pendant 300 jours (à 4 tonnes de bois/four). Ou 20 fours/jour pendant 315 jours/an.

Soit une capacité maximale de carbonisation de 25 200 t de bois/an → 6300 t/an de charbon de bois

**IL FAUT UN SITE DE 3500 ha = 3150 ha PLANTÉS + PARE-FEUX + VOIERIE + BATIMENTS + JARDINS + VERGERS
AVEC UNE EXPLOITATION/REPLANTATION DE 315 ha/an**

C'est une hypothèse conservatrice (de 25%) : 80 t/ha de bois sec carbonisable sur une rotation de 10 ans, Alors que les études du CIRAD à Mampu ont déterminé 107 t/an de bois sec carbonisable sur 10 ans.

Remarque : 1 four consomme 3600 t/an de bois pour une production de 900 t/an de charbon de bois
1 four a besoin de l'exploitation/replantation de 45 ha/an (3600 t de bois = 80 t/ha x 45 ha)

▪ **Investissements pour la configuration technique : 7 Fours**

Les Investissements de la plantation : 3150 ha plantés sur un domaine de 3500 ha

- De ce cas d'unité intégrée « Site de plantation agroforestière/Production Makala/Manioc », les engins tracteurs/remorques servent à l'ensemble des activités : transport des plants, plantation, entretien + transport du bois matière première vers la carbonisation. Par simplification, on affecte la totalité de leurs amortissements et de leurs consommables et entretiens à l'unité semi-industrielle de production. Donc ces utilisations d'engins n'apparaissent pas dans le poste plantation.
- La main d'œuvre de plantation et d'entretien des plantations est payée par le poste achat du manioc (105 \$/t de tubercules) aux associations de villageois. Donc la charge salariale de la plantation/entretien n'apparaît pas dans le poste plantation.

Habituellement le coût de revient d'une plantation mature dans les conditions des Plateaux Bateke va de 2000 \$/ha pour Mampu à 1500 \$/ha pour IBI Village.

Ici, les opérations importantes de mise en terre des plants et d'entretien de la plantation (engins et main d'œuvre) sont supportées par les productions makala et manioc.

→ Donc l'investissement restant de plantation ne comprend plus que les pépinières et la préparation des parcelles (en grande partie mécanique défrichage, hersage, pare-feux ...)

→ On prend un investissement restant de plantation de 1100 \$/ha en référence aux études des chercheurs et aux spécificités du projet.

Investissement plantation à réaliser sur 5 à 8 ans : 3150 ha x 1100 \$/ha = 3 465 000 \$

Cet investissement est amorti dans le poste « Coût du bois matière première » à 13,75 \$/t.

→ La replantation (Régénération Naturelle Assistée) est réalisée par les femmes qui reprennent la culture du manioc sur la parcelle. Pour des travaux complémentaires, on réserve 260 \$/ha.

Soit dans le poste « coût du bois matière première » : 3,25 \$/t pour l'opération de replantation.

Les Investissements de la production semi-industrielle Makala/Manioc

- Usine de carbonisation (7 Fours) = 1 100 000 \$ amortissable sur 15 ans → 73 333 \$/an
- Atelier du manioc = 280 000 \$ amortissable sur 10 ans → 28 000 \$/an
- 7 tracteurs remorque = 350 000 \$ amortissable sur 7 ans → 50 000 \$/an
- 5 chariots élévateur (2x12 t + 3 x3,5 t) = 400 000 \$ amortissable sur 7 ans → 57 140 \$/an
- 2 broyeurs à branches (foyer biomasse) = 30 000 \$ amortissable sur 7 ans → 4 300 \$/an
- Terrassement du site de production = 300 000 \$ amortissable sur 20 ans → 15 000\$/an
Surface de production 70 x 100 m
Stabilisation, empierrement, Imperméabilisation, goudron, béton
- Voirie = 300 000 \$ amortissable sur 20 ans → 15 000 \$/an
- Bâtiments techniques = 550 000 \$ amortissable sur 20 ans → 27 500 \$/an
Bureaux, vestiaires/douches, ateliers, magasin,
Stockage conditionnement charbon de bois, Bâtiments atelier manioc
- Bâtiments sociaux = 400 000 \$ amortissable sur 20 ans → 20 000 \$/an
Maisons villageois, école, dispensaire, foyer rencontre/loisir
- Eau = 250 000 \$ amortissable sur 20 ans → 12 500 \$/an
- Electricité (Groupe électro+réseau) = 100 000 \$ amortissable sur 20 ans → 5 000 \$/an
- Transports, douanes = 200 000 \$ amortissable sur 15 ans → 13 330 \$/an
- Engineering = 400 000 \$ amortissable sur 12 ans → 33 333 \$/an
- Divers, imprévus = 200 000 \$ amortissable sur 12 ans → 16 667 \$/an

Total investissements de l'unité de production + aménagements sociaux = 4 860 000 \$

Total amortissements 371 100 \$/an

Investissement global (Unité de production 7 Fours + Plantation + lieux de vie) = 8 325 000 \$

- **Compte de résultat prévisionnel global de l'ensemble (7 Fours):**
« Plantation agroforestière + Productions Modernisées Makala/Manioc »

Total des charges de l'unité de carbonisation, de la plantation et de l'ensemble du lieu de vie. → **1 635 440 \$/an**

- **Tonnage de bois disponible et cycles de carbonisation** → 25 200 t/an, 4 t/four, 20 fours/jour, 315 jours
 - Surface exploitée = 315 hectares/an
 - Productivité de la plantation = 80 tonnes/hectare
- **Coût du bois matière première rendu usine** → 32,75 \$/t x 25 200 t/an → **825 300 \$/an**
 - Coûts de pépinière, préparation plantation = 1100 \$/ha, 80 t/ha → 13,75 \$/t
 - Coût de bûcheronnage, débardage, chargement = 900 \$/ha → 11,25 \$/t
 - Transport sur site de carbonisation (3 \$/km x 6 km pour 4 t/enceinte) → 4,5 \$/t
(6 km = une navette moyenne de 1 aller et retour de 3 + 3 km pour 4 t de bois)
 - Coût de replantation = 260 \$/ha, 80 t/ha → 3,25 \$/t
- **Amortissements** → **371 100 \$/an**
- **Entretien, consommables techniques, eau, sacs conditionnement** → **160 000 \$/an**

- **Gasoil** → **202 000 \$/an**
(Approche moyenne : 7 engins x 5 l/h x 10,5 h/j x 315 j x 1,2 \$/l = 139 000 \$/an)
(Groupe électrogène : 6 l/h x 24 h/j x 365 j x 1,2 \$/l = 63 000 \$/an)
- **Salaires** → **77 040 \$/an**
 - 21 carbonisateurs caristes x 4 \$/jour x 30 jours/mois x 12 mois → 30 240 \$/an
 - 2 techniciens x 450 \$/mois → 10 800 \$/an
 - 1 + 1 + 1 responsables de site x 600 \$/mois → 21 600 \$/an
 - 1 administratif x 400 \$/mois → 4 800 \$/an
 - 1 instituteur x 400 \$/mois → 4 800 \$/an
 - 1 infirmier x 400 \$/mois → 4 800 \$/an

Total des charges de l'unité de transformation de manioc → 390 350 \$/an

- **Tonnage de manioc tubercule disponible** → **3 150 t/an**
 - Surface exploitée = 315 hectares/an
 - Productivité manioc améliorée = 10 tonnes/hectare
- **Coût du manioc rendu usine** → **105 \$/t x 3 150 t/an** → **330 750 \$/an**
- **Amortissements manioc inclus dans le poste ci-dessus amortissements carbonisation**
- **Entretien, consommables, eau** → **45 000 \$/an**
- **Salaires** → **14 600 \$/an**
 - 10 employé(es) x 4 \$/jour x 365 jours = 14 600 \$/an

Total de l'ensemble des charges du site → 2 025 790 \$/an

Recettes charbon de bois → 1 575 000 \$/an

- Capacité de production (rendement escompté 25 % sur matière sèche) → 6 300 t/an
- Prix de vente à Kinshasa (300 \$/t), diminué du transport (50 \$/t) → 250 \$/t

Recettes manioc « farine panifiable » → 756 000 \$/an

- Capacité de production (rendement 30 %, 3150 t x 0,3) → 945 t/an
- Prix de vente « à la porte de l'usine » → 800 \$/t

Total de l'ensemble des recettes du site → 2 331 000 \$/an

**Pendant les 10 premières années : Résultat global de l'unité semi-industrielle
Plantation/charbon/manioc (remboursement investissement plantation + replantation)**

RÉSULTAT D'EXPLOITATION (7 Fours, 3500 ha) = + 305 210 \$/an

**A partir de la 10^{ème} année : Résultat global de l'unité semi-industrielle
Plantation/charbon/manioc (replantation des parcelles exploitées)**

RÉSULTAT D'EXPLOITATION (7 Fours, 3500 ha) = + 651 710 \$/an

- **Compte de résultat ③ : 5000 ha, 10 fours, 9000 t/an makala, 1350 t/an farine**

Économie d'échelle : Capacité de production ↗ ↗ ... Rentabilité ↗ ↗

Le dimensionnement optimal des unités Plantations Agroforestières communautaires associées à leur unité semi-industrielle de production de Makala/Manioc est de 5 000 ha.

Dans ce cas le site semi-industriel reste de dimension raisonnable et la surface de 5 000 ha (7 x 7 km). Cette surface est aisément disponible sur les Plateaux Bateke.

POUR UNE UNITÉ DE CARBONISATION DE 10 FOURS.

. La capacité nominale (maximale) de l'unité de carbonisation est de 30 fours/jour pendant 300 jours (à 4 tonnes de bois/four). Ou 28 fours/jour pendant 322 jours/an.

Soit une capacité maximale de carbonisation de 36 000 t de bois/an → 9000 t/an de charbon de bois

**IL FAUT UN SITE DE 5000 ha = 4500 ha PLANTÉS + PARE-FEUX + VOIERIE + BATIMENTS + JARDINS + VERGERS
AVEC UNE EXPLOITATION/REPLANTATION DE 450 ha/an**

C'est une hypothèse conservatrice (de 25%) : 80 t/ha de bois sec carbonisable sur une rotation de 10 ans, Alors que les études du CIRAD à Mampu ont déterminé 107 t/an de bois sec carbonisable sur 10 ans.

Remarque : 1 four consomme 3600 t/an de bois pour une production de 900 t/an de charbon de bois
1 four a besoin de l'exploitation/replantation de 45 ha/an (3600 t de bois = 80 t/ha x 45 ha)
Soit une surface totale de plantation en croissance de 450 ha attribuée à 1 four

- **Investissements pour la configuration technique : 10 Fours**

Les Investissements de la plantation : 4500 ha plantés sur un domaine de 5000 ha

- De ce cas d'unité intégrée « Site de plantation agroforestière/Production Makala/Manioc », les engins tracteurs/remorques servent à l'ensemble des activités : transport des plants, plantation, entretien + transport du bois matière première vers la carbonisation. Par simplification, on affecte la totalité de leurs amortissements et de leurs consommables et entretiens à l'unité semi-industrielle de production. Donc ces utilisations d'engins n'apparaissent pas dans le poste plantation.
- La main d'œuvre de plantation et d'entretien des plantations est payée par le poste achat du manioc (105 \$/t de tubercules) aux associations de villageois. Donc la charge salariale de la plantation/entretien n'apparaît pas dans le poste plantation.

Habituellement le coût de revient d'une plantation mature dans les conditions des Plateaux Bateke va de 2000 \$/ha pour Mampu à 1500 \$/ha pour IBI Village.

Ici, les opérations importantes de mise en terre des plants et d'entretien de la plantation (engins et main d'œuvre) sont supportées par les productions makala et manioc.

→ Donc l'investissement restant de plantation ne comprend plus que les pépinières et la préparation des parcelles (en grande partie mécanique défrichage, hersage, pare-feux ...)

→ On prend un investissement restant de plantation de 1100 \$/ha en référence aux études des chercheurs et aux spécificités du projet.

Investissement plantation à réaliser sur 5 à 8 ans : 4500 ha x 1100 \$/ha = 4 950 000 \$

Cet investissement est amorti dans le poste « Coût du bois matière première » à 13,75 \$/t.

→ La replantation (Régénération Naturelle Assistée) est réalisée par les femmes qui reprennent la culture du manioc sur la parcelle. Pour des travaux complémentaires, on réserve 260 \$/ha.

Soit dans le poste « coût du bois matière première » : 3,25 \$/t pour l'opération de replantation.

Les Investissements de la production semi-industrielle Makala/Manioc

- Usine de carbonisation (10 Fours) = 1 250 000 \$ amortissable sur 15 ans → 83 333 \$/an
- Atelier du manioc = 320 000 \$ amortissable sur 10 ans → 32 000 \$/an
- 8 tracteurs remorque = 400 000 \$ amortissable sur 7 ans → 57 143 \$/an
- 6 chariots élévateur (3x12 t + 3 x3,5 t) = 500 000 \$ amortissable sur 7 ans → 71 430 \$/an
- 3 broyeurs à branches (foyer biomasse) = 45 000 \$ amortissable sur 7 ans → 6 430 \$/an
- Terrassement du site de production = 350 000 \$ amortissable sur 20 ans → 17 500 \$/an
Surface de production 70 x 100 m
Stabilisation, empierrement, Imperméabilisation, goudron, béton
- Voirie = 350 000 \$ amortissable sur 20 ans → 17 500 \$/an
- Bâtiments techniques = 600 000 \$ amortissable sur 20 ans → 30 000 \$/an
Bureaux, vestiaires/douches, ateliers, magasin,
Stockage conditionnement charbon de bois, Bâtiments atelier manioc
- Bâtiments sociaux = 450 000 \$ amortissable sur 20 ans → 22 500 \$/an
Maisons villageois, école, dispensaire, foyer rencontre/loisir
- Eau = 280 000 \$ amortissable sur 20 ans → 14 000 \$/an
- Electricité (Groupe électro+réseau) = 150 000 \$ amortissable sur 20 ans → 7 500 \$/an
- Transports, douanes = 230 000 \$ amortissable sur 15 ans → 15 333 \$/an
- Engineering = 420 000 \$ amortissable sur 12 ans → 35 000 \$/an
- Divers, imprévus = 230 000 \$ amortissable sur 12 ans → 19 167 \$/an

Total investissements de l'unité de production + aménagements sociaux = 5 575 000 \$

Total amortissements 428 836 \$/an

Investissement global : Unité de production 10 Fours + Plantation + lieux de vie = 10 525 000 \$

- **Compte de résultat prévisionnel global de l'ensemble (10 Fours):**
« Plantation agroforestière + Productions Modernisées Makala/Manioc »

Total des charges de l'unité de carbonisation, de la plantation et de l'ensemble du lieu de vie. → **2 238 586 \$/an**

- **Tonnage de bois disponible et cycles de carbonisation** → 36 000 t/an, 4 t/four, 30 fours/jour, 300 jours
 - Surface exploitée = 450 hectares/an
 - Productivité de la plantation = 80 tonnes/hectare
- **Coût du bois matière première rendu usine** → 32,75 \$/t x 36 000 t/an → **1 179 000 \$/an**
 - Coûts de pépinière, préparation plantation = 1100 \$/ha, 80 t/ha → 13,75 \$/t
 - Coût de bûcheronnage, débardage, chargement = 900 \$/ha → 11,25 \$/t
 - Transport sur site de carbonisation (3 \$/km x 6 km pour 4 t/enceinte) → 4,5 \$/t
(6 km = une navette moyenne de 1 aller et retour de 3 + 3 km pour 4 t de bois)
 - Coût de replantation = 260 \$/ha, 80 t/ha → 3,25 \$/t
- **Amortissements** → **428 836 \$/an**

- **Entretien, consommables techniques, eau, sacs conditionnement** → **228 600 \$/an**
- **Gasoil** → **298 110 \$/an**
 (Approche moyenne : 9 engins x 5,5 l/h x 12 h/j x 315 j x 1,2 \$/l = 224 530 \$/an)
 (Groupe électrogène : 7 l/h x 24 h/j x 365 j x 1,2 \$/l = 73 580 \$/an)
- **Salaires** → **104 040 \$/an**
 - 30 carbonisateurs caristes x 4 \$/jour x 30 jours/mois x 12 mois → 30 240 \$/an
 - 3 techniciens x 450 \$/mois → 16 200 \$/an
 - 1 + 1 + 1 + 1 responsables de site x 600 \$/mois → 28 800 \$/an
 - 1 + 1 administratif x 400 \$/mois → 9 600 \$/an
 - 2 instituteurs x 400 \$/mois → 9 600 \$/an
 - 2 infirmier x 400 \$/mois → 9 600 \$/an

Total des charges de l'unité de transformation de manioc → 549 400 \$/an

- **Tonnage de manioc tubercule disponible** → **4500 t/an**
 - Surface exploitée = 450 hectares/an
 - Productivité manioc améliorée = 10 tonnes/hectare
- **Coût du manioc rendu usine** → **105 \$/t x 4500 t/an** → **472 500 \$/an**
- **Amortissements manioc inclus dans le poste ci-dessus amortissements carbonisation**
- **Entretien, consommables, eau** → **55 000 \$/an**
- **Salaires** → **21 900 \$/an**
 - 15 employé(es) x 4 \$/jour x 365 jours = 21 900 \$/an

Total de l'ensemble des charges du site → 2 787 986 \$/an

Recettes charbon de bois → 2 250 000 \$/an

- Capacité de production (rendement escompté 25 % sur matière sèche) → 9 000 t/an
- Prix de vente à Kinshasa (300 \$/t), diminué du transport (50 \$/t) → 250 \$/t

Recettes manioc « farine panifiable » → 1 080 000 \$/an

- Capacité de production (rendement 30 %, 4500 t x 0,3) → 1350 t/an
- Prix de vente « à la porte de l'usine » → 800 \$/t

Total de l'ensemble des recettes du site → 3 330 000 \$/an

**Pendant les 10 premières années : Résultat global de l'unité semi-industrielle
 Plantation/charbon/manioc (remboursement investissement plantation + replantation)**

RÉSULTAT D'EXPLOITATION (10 Fours, 5000 ha) = + 542 014 \$/an

**A partir de la 10 ème année : Résultat global de l'unité semi-industrielle
 Plantation/charbon/manioc (replantation des parcelles exploitées)**

RÉSULTAT D'EXPLOITATION (10 Fours, 5000 ha) = + 1 028 014 \$/an

▪ **Capacités de production/Investissements/Rentabilité/ « Réductions CO₂ »**

Superficie du domaine	① 2500 ha	② 3500 ha	③ 5000 ha
Superficie plantée	2250 ha	3150 ha	4500 ha
Nombre de fours	5	7	10
Production makala	4500 t/an	6300 t/an	9000 t/an
Production farine manioc	657 t/an	945 t/an	1350 t/an
Invest. Plantation	2 475 000 \$	3 465 000 \$	4 950 000 \$
Invest. Site prod + social	4 580 000 \$	4 860 000 \$	5 575 000 \$
Investissement total	7 055 000 \$	8 325 000 \$	10 525 000 \$
Résultat brut, les 10 premières années (avec remboursement de l'investissement plantation)	144 220 \$/an	305 210 \$/an	542 014 \$/an
Résultat brut, après 10 ans	391 720 \$/an	651 710 \$/an	1 028 014 \$/an
Les Réductions d'émissions de CO₂ sur 15 ans de fonctionnement (durée de l'amortissement technique)			
Puits de carbone forestier permanent	250 000 t de CO ₂	350 000 t de CO ₂	500 000 de CO ₂
Puits de carbone biochar permanent en 15 ans	17 325 t de CO ₂	24 255 t de CO ₂	34 650 de CO ₂
Réduction d'émission CO ₂ Makala déforestation substitué par Makala durable	45 000 tCO ₂ /an 675 000 tCO ₂ en 15ans	63 000 tCO ₂ /an 945 000 tCO ₂ en 15ans	90 000 tCO ₂ /an 1 350 000 tCO ₂ en 15ans
Cumul Réductions CO₂ en 15 ans de fonctionnement	942 325 t de CO₂	1 319 255 t de CO₂	1 884 650 t de CO₂

La configuration de 5000 ha/10 fours dégage une excellente marge brute, attractive pour le secteur privé.

- Ce niveau de marge brute permet de rémunérer l'apport en capital et le coût du foncier privé,
- De supporter des révisions à la hausse du chiffrage des postes de ce compte prévisionnel,
- De dégager des fonds pour l'extension du couvert forestier.

Grace à la rentabilité de ce projet de « Bioénergie Durable », on peut envisager le développement à large échelle de ce secteur de « l'Économie Verte » pour :

- ① Substituer les énormes quantités de charbon de bois non durable consommées par les ménages urbains à faible pouvoir d'achat et lutter efficacement contre ce moteur de la déforestation,
- ② Sécuriser la qualité sanitaire de la transformation du manioc (Grave enjeu de santé publique : Actuellement les intoxications alimentaires sont récurrentes par la consommation du manioc mal séché par les procédés artisanaux) et Substituer une partie des grands volumes de blé importés par une production agricole nationale.

▪ Conclusion :

Cette technologie d'optimisation énergétique, basée sur des gisements de bois énergie durables, produit du charbon de bois durable et optimise (économise) l'usage du bois matière première.

Elle se substitue aux productions informelles actuelles à faible rendement énergétique qui sont issues de la dégradation du couvert forestier et agroforestier.

La transformation du manioc est sécurisée et permet de s'orienter vers la production de farine de manioc panifiable à meilleure valeur ajoutée. L'amélioration de cette chaîne de valeur, gérée par les femmes, double leur revenu.

Cette technologie supporte le coût du renouvellement de la plantation agroforestière exploitée et permet de payer des salaires décents et réguliers.

Elle dégage une marge bénéficiaire qui permet d'autofinancer l'extension des surfaces agroforestières sur les zones périurbaines de savane dégradées.

Les emplois agricoles et forestiers sont maintenus. Dans les unités de carbonisation et de transformation du manioc des emplois stables, qualifiés et bien rémunérés sont créés.

L'épuration des fumées respecte les normes européennes pour la qualité des rejets atmosphériques (VLE, Valeurs Limites d'Émission de la directive IED - 2010/75/UE).

Les impacts négatifs des productions artisanales, sur l'environnement et les conditions sanitaires au travail et pour le voisinage, sont désormais éliminés.

La disponibilité permanente de chaleur, indépendamment des conditions atmosphériques pluvieuses (1900 mm en 2021), évite les pertes de production significatives de la transformation artisanale du manioc et améliore la productivité de la carbonisation.

Les intérêts socio-économiques, climatiques et environnementaux convergent.

La mise en œuvre d'une unité de ce modèle technique pourra servir de démonstrateur, en vue de sa duplication, pour la substitution des énormes quantités de charbon de bois non durables consommées par les ménages urbains.

Kinshasa consomme 2,14 millions de t/an de charbon de bois en 2021 – Ref. Cirad – basées sur la dégradation des milieux forestiers et agroforestiers, soit l'équivalent colossal de la puissance énergétique de 3 réacteurs nucléaires de 900 MW !!, basé à chaque instant sur la disparition des arbres et de leur biotope en démultipliant les zones abandonnées par l'exode rurale.

L'objectif stratégique de la promotion d'une chaîne de valeur du charbon de bois plus verte pour l'Afrique Centrale et plus généralement pour l'ASS est largement développé par la FAO depuis 2017 dans l'étude « The Charcoal Transition ».

Conclusion FAO : « En l'absence prévisible, dans les trente ans à venir, de solutions de substitution réalistes, abordables et renouvelables, il apparaît primordial de s'engager dans la voie de l'écologisation de la chaîne de valeur du charbon de bois pour atténuer les effets du changement climatique tout en maintenant l'accès des ménages à une source d'énergie renouvelable ».

La FAO préconise la piste « High yielding, low émission charcoal factories » basée sur des ressources de biomasse renouvelables socialement intégrées.

L'installation de plantations agroforestières associées à ce nouveau concept technique d'optimisation énergétique ainsi que ses bénéfices socio-environnementaux, s'inscrivent dans la démarche de la création du corridor écologique des Plateaux Batéké (CEBAT).

Des plantations agroforestières durables installées autour des réserves constituent une zone tampon de protection, par exemple pour la réserve de Bombo Lumene (ICCN) proche de Kinshasa.

Un soutien financier initial au lancement d'un démonstrateur du projet « Afforestation/ Modernisation Technique des Productions » s'inscrit dans le renforcement de cette fonction.

Les intérêts économiques, sociaux, environnementaux, climatiques et de genre convergent.

La semi industrialisation intégrée des filières durables de « carbonisation/transformation du manioc »,

- Basées sur des plantations « agroforestières communautaires de bois énergie durable »,
- Qui valorise l'énergie thermique produite par la dépollution/incinération des fumées dans un atelier de transformation du manioc et dans l'amélioration de la productivité du makala est :

→ **Un procédé durable, financièrement auto équilibré qui génère des recettes supplémentaires au bénéfice des populations locales et de l'extension du couvert agroforestier communautaire.**

→ **Ce modèle de mise en œuvre de « l'optimisation énergétique » dans le domaine du charbon de bois durable est « désormais rentable » en intégrant tous les coûts initiaux et de fonctionnement de la plantation.**

→ **Il permet le développement à large échelle d'un « Secteur Privé Biomasse Energie » dans « l'économie Verte et solidaire », basé sur les recettes commerciales (et non sur des subventions) qui a vocation à se substituer aux énormes productions actuelles non durables de bois-énergie domestique basées sur la dégradation du couvert forestier et des écosystèmes. Il sécurise la qualité sanitaire du manioc.**

→ **Seul le financement initial nécessaire à l'impulsion de cette filière innovante doit être soutenu par les institutions pour créer les premiers sites démonstrateurs sur les sites agroforestiers existants. (IBI Village, Mampu, Ntsio et quelques privés).**

AGROFORESTERIE COMMUNAUTAIRE

MAKALA/MANIOC/++ (07/2022)

LES RÉDUCTIONS D'ÉMISSION DE CO2 DANS LE PROJET :

« OPTIMISATION ÉNERGÉTIQUE DES PRODUCTIONS INTÉGRÉES DE CHARBON DE BOIS ET DE MANIOC »

1) Réduction d'émission de CO2 :

Le charbon de bois « durable » substitué au charbon de bois « non durable »

Pour la production de charbon de bois à partir d'un gisement de bois renouvelable : Agroforesterie, L'IPPC/GIEC et l'UNFCCC dans les méthodologies du « MDP, Mécanisme de Développement Propre » notent que la consommation de bois des productions artisanales informelles Africaines de charbon de bois non durable est de 8,3 kg de bois/1 kg de charbon de bois.

→ Donc pour une production ① de 4500 t/an de charbon de bois, l'économie de bois non durable issu de la déforestation est de $8,3 \times 4\,500 = 37\,350$ t/an soit ($\times 0,49$) 18 300 t/an de Carbone, soit un équivalent de réduction d'émission de CO2 de $16\,600 \times 44/12 = 67\,100$ t CO2/an.

Cela diminué des fuites du projet (ex. gasoil consommé).

Soit pour la production ① : 4500 t/an de charbon de bois durable = 55 000 t/an de réduction de CO2 par évitement de la déforestation du charbon de bois non durable traditionnel.

2) Le puits de carbone forestier stable de la plantation agroforestière.

Exemple de Production ① : Après 10 ans de croissance pour un domaine de 2500 ha, 2250 ha plantés. D'après l'étude Cirad 2017 « production d'acacias auriculiformis, dans le système agroforestier de Mampu, plateau Batéké (RDC) »

La production de matière sèche après 10 ans de croissance est :

- aérienne totale : 145 t/ha.10ans
- souterraine : 26,1 t/ha.10ans (145 x 0,18 extrapolation)
- biomasse totale : 171,1 t/ha.10ans
- soit une productivité moyenne de 17 t/ha.an

Donc le stockage moyen de CO2 est de 30 tCO2/ha.an (17 x 0,49 x 44/12)

Une parcelle de **225 ha accumule 6 750 tCO2/an**

Accumulation totale après 9 ans de croissance : (on exploite à 10 ans)

1 parcelle de 225 ha de 9 ans

1 parcelle de 225 ha de 8 ans

1 parcelle de 225 ha de 7 ans

.....

1 parcelle de 225 ha de 1 an

Donc, l'accumulation de biomasse des 9 parcelles de 225 ha plantées chaque année est de :

$6750 \times (1 + 2 + 3 \dots + 9) = (6750 \times n(n+1)/2) = 6750 \times 45 = 303\,750$ t de CO2 diminué du carbone présent dans la savane herbeuse d'origine et diminué des consommations de gasoil (tracteurs).

Pour la production ① 2500 ha : Un puits de carbone forestier permanent d'environ 250 000 t de CO2.

Schéma d'une séquence de plantation et âge de la plantation sur chaque parcelle (ici Ex. Rotation 11 ans)

Année n	n° des parcelles de 200 ha										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	création du boisement										
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
5	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
6	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0
7	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0
8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0
10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
11	démarrage de la carbonisation/de la récolte et du fonctionnement du boisement										
11	0	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
12	1	0	10	9	8	7	6	5	4	3	2
13	2	1	0	10	9	8	7	6	5	4	3

3) Le puits de carbone stable de l'enfouissement dans le sol superficiel du biochar fertilisant.

La production de 4 500 t/an de « morceaux de charbon de bois commercialisable » produit environ 7 % de fines (paillettes) qui seront utilisées comme biochar fertilisant. (1t/ha)

Soit 315 t/an de biochar utilisé comme fertilisant.

Ce biochar est amorphe dans le sol, il reste sous forme de carbone non oxydable en CO₂.

Donc l'évitement d'une émission de 1 155 t de CO₂ (315 x 44/12).

Cela représente un puits de carbone cumulé de 1 155 t de CO₂ pour chaque année de production.

Pour 15 ans de production (durée d'amortissement de l'unité de carbonisation), cela représente

**Pour la production ① : 4500 t/an de Makala = Un puits de carbone biochar permanent de 17 325 t de CO₂.
(1 155 t/an x 15 ans).**

IBI Village – AGROFORESTERIE COMMUNAUTAIRE

MAKALA/MANIOC/++ (07/2022)

SITUATION DES FEMMES DANS LE PROJET :

« OPTIMISATION ÉNERGÉTIQUE DES PRODUCTIONS INTÉGRÉES DE CHARBON DE BOIS ET DE MANIOC »

Les activités des cultures vivrières familiales.

En autonomie ou avec les hommes, elles cultivent les jardins et les vergers pour nourrir la communauté.

→ Les activités rémunératrices des femmes : Le Manioc - Les bénéfices du projet.

Les coopératives de villageoises avec les hommes réalisent les opérations de plantation du bois énergie.

La rémunération des femmes repose sur la culture intercalaire du manioc qu'elles font pendant 2 ans à partir du début de la plantation. (Rangs de manioc entre les lignes d'acacias)

La récolte du manioc leur appartient.

Malheureusement après la récolte des tubercules, les moyens artisanaux de transformation sont très aléatoires pour l'opération du séchage (humidité latente et violents orages imprévisibles).

En effet le manioc doit impérativement être séché dans les 12 heures sinon il est fermenté/perdu.

Avec la transformation artisanale les villageoises perdent la moitié du revenu potentiel de leurs récoltes.

(Séchage naturel incomplet → Intoxications alimentaires,

et souvent séchage naturel impossible → Produit perdu, perte de recette).

→ L'utilisation de la chaleur produite par la dépollution des fumées de l'unité de carbonisation sécurise l'opération de séchage du manioc : Évitement de toutes les pertes de production de tubercules. Donc la rémunération des villageoises va augmenter grâce au nouveau séchage performant.

→ L'utilisation de la chaleur produite par la dépollution des fumées de l'unité de carbonisation permet de réaliser un séchage qui garanti un degré d'humidité résiduelle précis, donc de produire des cossettes de bonne qualité sanitaire et de la « Farine de Manioc Panifiable ».

Cette farine a un prix de vente supérieur aux cossettes habituellement vendues.

Grâce à cette nouvelle production à meilleure valeur ajoutée : le revenu des femmes augmente significativement.

La modernisation de la carbonisation et sa production de chaleur gratuite au service de la transformation du manioc en farine panifiable, rendra la culture du manioc 2 fois plus rémunératrice au bénéfice des femmes par rapport aux procédés artisanaux actuels. Et cela sans énergie fossile importée.

Il faut noter que cette « farine de manioc produite localement » se substitue à de la « farine de blé importée »

→ La nouvelle unité semi-industrielle de carbonisation produit du BIOCHAR.

C'est un fertilisant pour les sols.

Enfoui dans la couche superficielle et par ses propriétés de captation et de rétention de molécules, il évite le lessivage, par les fortes pluies, des nutriments et de l'eau nécessaires au développement des plantes.

De nombreuses études agronomiques démontrent l'efficacité du biochar sur la croissance des plantes et sur la possibilité de diminuer significativement l'utilisation des amendements agricoles.

L'amélioration de la productivité des jardins vivriers des femmes et des vergers bénéficiera de cette nouvelle production de biochar fertilisant.

Consulter le site « International Biochar Initiative ». « IBI » (c'est un homonyme de IBI Village).

→ Installation de points d'eau à proximité des lieux de vie du projet.

Électrification du périmètre du projet.

Ces 2 fournitures de services (eau et électricité) améliorent significativement les conditions de vie des femmes en réduisant les charges quotidiennes qu'elles assument.

→ La qualité sanitaire de la consommation alimentaire du manioc.

La maîtrise technique des paramètres du séchage permet d'obtenir une garantie de la qualité sanitaire du produit commercialisé et d'éviter les intoxications alimentaires fréquentes/récurrentes provenant des productions artisanales qui représentent actuellement un enjeu de sécurité alimentaire en RDC.

Les femmes, responsables de l'alimentation familiale, bénéficient directement de la mise à disposition de ce manioc de haute qualité sanitaire, les intoxications alimentaires récurrentes actuelles disparaissent.